

Краткие сообщения
Brief Communications

DOI: 10.31857/S020596060009450-7

**СПОСОБЫ И СРЕДСТВА СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ
НА БОРТУ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ:
ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

ЩЕРБИНIN Дмитрий Юрьевич – *Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН; Россия, 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 14; E-mail: xyzt@inbox.ru*

© Д. Ю. Щербинин

В статье представлен исторический обзор использования кино-, фото- и видеотехники для выполнения стереоскопической съемки во время пилотируемых космических полетов в период 1961–2011 гг. Рассмотрены способы получения стереоскопических изображений во время орбитальных полетов и технические решения, использованные для их реализации. Представлено описание наиболее значимых с точки зрения технической эволюции образцов космической фототехники, основные результаты, полученные в ходе научных экспериментов на орбите, а также выводы, сделанные на основе опыта эксплуатации стереоскопических камер на борту отечественных пилотируемых космических кораблей и станций.

Ключевые слова: история техники, стереоскопическая фотосъемка, пилотируемые полеты в космос, космическая фототехника.

Статья поступила в редакцию 15 апреля 2020 г.

**METHODS AND MEANS OF STEREOSCOPIC PHOTOGRAPHY
ON-BOARD MANNED SPACECRAFTS: A HISTORICAL OVERVIEW**

SHCHERBININ Dmitry Yurievich – *S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences; Ul. Baltiyskaya, 14, Moscow, 125315, Russia; E-mail: xyzt@inbox.ru*

© D. Yu. Shcherbinin

Abstract: This paper presents a historical overview of the use of cinematographic, photo, and video devices for stereoscopic photography during manned space flights in the period from 1961 to 2011. The methods for obtaining stereoscopic images

during orbital flights as well as the relevant technical solutions are reviewed. The paper describes the samples of space photographic equipment that have been most important from the standpoint of technical evolution, the main results obtained in the course of in-orbit scientific experiments, and the conclusions based on the experience of using stereoscopic cameras on-board Soviet / Russian manned spacecrafts and orbital stations.

Keywords: history of technology, stereoscopic photography, manned space flights, space photography equipment.

For citation: Shcherbinin, D. Yu. (2020) Sposoby i sredstva stereoskopicheskoi s"emki na bortu pilotiruemykh kosmicheskikh apparatov: istoricheskii obzor [Methods and Means of Stereoscopic Photography On-Board Manned Spacecrafts: A Historical Overview], *Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki*, vol. 41, no. 2, pp. 373–384, DOI: 10.31857/S020596060009450-7.

Стереоскопический метод получения изображений основывается на принципах стереозрения – эффекта объемного восприятия окружающего мира посредством бинокулярного зрения. Развитие теории пространственного восприятия человеком окружающего мира происходило в течение столетий усилиями многих выдающихся ученых. Первым, кто пришел к пониманию того, что изображения одного и того же объекта, видимые правым и левым глазом, различны и глубина восприятия возникает в том случае, когда человек одновременно получает оба изображения, принято считать древнегреческого математика Евклида (III в. до н. э.).

Выдающийся итальянский архитектор, изобретатель, художник эпохи Возрождения Леонардо да Винчи (1452–1519), изучавший способы отображения глубины окружающего мира, изложил свои наработки по теоретическим и практическим аспектам живописи в «Трактате о живописи»¹. В отличие от большинства современников, он создал графические эскизы и живописные произведения, которые показывают четкое понимание законов пространственной перспективы.

Итальянский ученый и писатель Джованни Баттиста (Джамбаттиста) делла Порта (1535–1615), экспериментируя с техниками световой проекции, создал первый искусственный трехмерный рисунок, основанный на представлениях Евклида о том, как работает трехмерное восприятие человека, а также продемонстрировал и подробно описал использование камеры-обскуры с объективом.

Немецким математиком, астрономом и оптиком Иоганном Кеплером (1571–1630) в 1611 г. был опубликован фундаментальный труд по оптике «Диоптрика», в котором содержалось подробное описание проекционной теории зрения человека².

¹ *Leonardo da Vinci*. Trattato della pittura. Roma: Nella Stamperia de Romanis, 1817.

² *Kepler, J.* Dioptrice. Augustae Vindelicorum: Typis Davidis Franci, 1611.

Начало реализации накопленного знания в области стереозрения относится к середине XIX в. Английский физик Чарльз Уитстон (1802–1875) в 1833 г. впервые предложил способ, как представить отличающиеся изображения, видимые двумя глазами, с помощью устройства, которое он назвал отражающим зеркальным стереоскопом. Он показал, что при стереоскопической демонстрации два изображения объединяются мозгом человека для получения трехмерного восприятия глубины. Преимущество зеркального стереоскопа Уитстона заключалось в том, что он мог работать с изображениями большого формата, поэтому предложенный Уитсоном принцип до настоящего времени используется при просмотре рентгеновских стереоскопических изображений и аэрофотоснимков. Свои научные разработки в области стереоскопии Уитстон изложил в работе «Вклад в физиологи зрения. Часть первая. О некоторых замечательных и до настоящего времени не замеченных явлениях бинокулярного зрения», опубликованной в 1838 г.³

К тому времени французские естествоиспытатели Жозеф Нисефор Ньепс (1765–1833) и Луи Жак Дагер (1787–1851) завершали свои исследования в области сохранения изображений, полученных в камере-обсуре. После публикации авторами результатов исследований и демонстрации фотоизображений-дагеротипов в 1839 г. французское правительство приняло решение о выкупе прав на использование этой технологии, и дагеротипия стала общенародным достоянием. Практически одновременно англичанином Вильямом Генри Фокс Талботом (1800–1877) был разработан метод тиражирования фотоснимков посредством негативно-позитивной технологии создания фотографического изображения.

К 50–60 гг. XIX в. благодаря работам ряда ученых и изобретателей, таких как Дэвид Брюстер (1781–1868), Луи-Жюль Дюбоск (1817–1886), Людвиг Мозер (1808–1880), Фредерик Лангенхайм (1809–1879), Джон Дэнсер (1812–1887) метод получения стереоскопических дагеротипов был реализован в конкретных технических устройствах (стереоскопах, стереографах), которые получили массовое распространение. Это стимулировало широкое увлечение стереофотографией, которая активно развивалась наряду с обычной фотографией и достигла своего пика на рубеже XIX–XX вв. Несмотря на последовавшее угасание интереса к стереоскопическим изображениям, в ряде областей искусства, науки и техники стереофотография не только сохранилась, но и получила дальнейшее развитие.

В XX–XXI вв. стереоскопические технологии нашли практическое применение в медицине, образовании, космонавтике, робототехнике, а также при решении задач дистанционного зондирования. Стереоскопическая съемка выделилась в особую отрасль фотографии. Но, как и

³ *Wheatstone, Ch. Contributions to the Physiology of Vision. — Part the First. On some Remarkable, and Hitherto Unobserved, Phenomena of Binocular Vision // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1838. Vol. 128. P. 371–394.*

прежде, для формирования стереопары применяют устройство регистрации изображений, обладающее двумя одинаковыми оптическими системами (объективами) с разнесенными на определенное расстояние (базис стереосъемки) оптическими осями. Как правило, это расстояние соответствует межцентровому расстоянию глаз человека. Оптические оси могут быть параллельны (параллельный способ) или иметь поворот на определенный угол, учитывающий конвергенцию зрительных осей глаз человека (направленный способ). Для получения парных изображений возможно применение регистрирующего устройства с одним объективом, при этом базис стереосъемки создается за счет перемещения устройства с сохранением его ориентации на необходимое расстояние.

Первое применение способа получения стереоизображений с использованием одной фотокамеры для фотограмметрических задач на борту пилотируемого космического аппарата можно отнести к полету советского космического корабля «Восход-1». Корабль был выведен на околоземную орбиту 12 октября 1964 г. Впервые экипаж космического корабля состоял из трех космонавтов (В. М. Комаров, К. П. Феоктистов и Б. Б. Егоров), которым предстояло выполнить суточный полет. Программа работ экипажа была сформирована с учетом результатов выполнения аналогичных фотографических исследований во время предшествовавших полетов кораблей серии «Восток». Среди задач полета «Восхода-1» было наблюдение и фотографирование поверхности Земли, в том числе было запланировано проведение эксперимента по стереосъемке подстилающей поверхности, целью которого являлось изучение возможности фотограмметрической обработки космических снимков. Для выполнения фотосъемки во время орбитального полета на космическом корабле «Восход-1» использовалась фотокамера «Ленинград» (рис. 1). Отличительной ее чертой являлось наличие взводимого пружинного устройства для автоматической съемки, которое позволяло выполнять до 15 снимков. Серийная съемка выполнялась со скоростью до 3 кадр/с. Затвор был механическим, с горизонтальным движением матерчатых шторок. Камера обладала оптическим прямым видоискателем, который был совмещен в одном поле с дальномером. Размер кадра — 24×36 мм. Габаритные размеры фотокамеры — $133 \times 93 \times 74$ мм, вес — 900 г ⁴. Она была оснащена сменным светосильным объективом «Юпитер-6», производство которого было налажено на Красногорском механическом заводе с 1958 г. Фокусное расстояние (F) — 180 мм; пределы шкалы диафрагм — $f/2,8$ – $f/22$; разрешающая способность в центре / по краям — 35/16 линий/мм; угол поля зрения — 14° ; ближний предел фокусировки — 2 м; вес — 1500 г ⁵.

⁴ Этапы развития отечественного фотоаппаратостроения // <http://www.photohistory.ru/1207248170259168.html>.

⁵ Фотографический объектив «Юпитер-6» для фотоаппарата «Зенит», описание и руководство к пользованию. Красногорск: КМЗ, 1967.



Рис. 1. Фотокамера «Ленинград» со светосильным объективом «Юпитер-6»
(фото ИИЕТ РАН)

Съемка во время полета «Восхода-1» проводилась с орбиты высотой 330–342 км. Ориентация оптической оси фотоаппарата в пространстве в моменты съемок не фиксировалась. Фотографирование производилось на маркированную черно-белую фотопленку без светофильтра при диафрагме $f/22$ и выдержке $1/500$. Съемка производилась сериями по 4–5 кадров с интервалами между последовательными снимками 10–30 с. Момент фотографирования последнего снимка в серии фиксировался с точностью до минуты.

После доставки фотоматериалов на Землю стереопары, составленные из снимков, на которых были изображен облачный покров и горный район, были обработаны по способу неискаженной модели. Обработка производилась по общепринятой методике⁶. Анализ результатов показал, что обработка снимков, выполненных нефотограмметрическим аппаратом и отпечатанных на бумаге, а также большое перекрытие (около 90 %), значительно снизили точность полученных результатов. Кроме того, при обработке имеющихся снимков возникли затруднения с их ориентированием по базисной плоскости из-за недостаточных пределов смещения кареток стереокомпаратора СК-4, на котором производилась обработка⁷. Это также, в свою очередь, внесло дополнительные ошибки в полученные результаты. По этой причине проведенные работы по измерительному дешифрированию бортовых фотоматериалов были оценены как методические, демонстрирующие возможность стереоскопических измерений снимков, полученных с орбиты искусственного спутника Земли.

⁶ Герценова К. П., Очередыко А. К. Пособие по фотограмметрическим работам. М.: Геодезиздат, 1956.

⁷ Научные исследования, проведенные экипажем корабля-спутника «Восход»: отчет: ЦКБОМ, рук. М. К. Тихонравов, исп. К. П. Феоктистов и др. М., 1966.

Было установлено, что при фотографировании с орбиты, при прочих равных условиях, покрываются площади приблизительно в 50–100 раз большие, чем при обычной аэрофотосъемке. При этом появляется возможность выявить различные геологические структуры, которые могут быть не замечены при дешифрировании аэроснимков. В качестве важного преимущества космических фотографий была отмечена возможность предварительного изучения по ним различных труднодоступных районов с целью последующего планирования на этих территориях необходимых наземных и аэрофотосъемочных работ. Геолого-географическое дешифрирование свидетельствовало о том, что подобные снимки могут использоваться для составления предварительных схематических, геологических и иных карт, содержание которых будет уточняться при постановке соответствующих работ на местности. Проведенные стереофотографические измерения показали, что при различных видах дешифрирования можно инструментальным путем по снимкам определять такие элементы, как превышения и относительные размеры отдельных объектов, что существенно повышает достоверность и качество полученных результатов⁸.

По мере развития космической техники, с созданием кораблей серии «Союз» и орбитальных станций, появилась возможность использовать для стереосъемки стационарные (размещенные на конструкции космического аппарата) фотоаппараты. Фотоаппаратура, требующая участия экипажа в процессе эксплуатации, закреплялась на иллюминатор внутри космического аппарата. К числу таких фотоаппаратов можно отнести АФА-41/20, АФА-М-31, КАТЭ-140, КАТЭ-500, МКФ-6, МКФ-6М. Наиболее перспективной, с точки зрения реализации метода стереосъемки, являлась фотоаппаратура МКФ-6.

Космический корабль «Союз-22» с экипажем из летчиков-космонавтов В. Ф. Быковского и В. В. Аксенова на борту был выведен на орбиту 15 сентября 1976 г. Основной задачей почти восьмисуточного полета являлась проверка и развитие научно-технических методов и средств изучения геологических особенностей земной поверхности. Для этой цели на месте стыковочного узла в бытовом отсеке корабля была установлена многоспектральная фотокамера МКФ-6.

Фотоаппаратура была создана совместными усилиями Института космических исследований АН СССР, предприятия «Карл Цейс Йена» (*Kombinat VEB Carl Zeiss Jena*, ГДР) и Института электроники Академии наук ГДР (*Institutes für Elektronik der Akademie der Wissenschaften der DDR*, ГДР). Она представляла собой камерный блок из шести фотоаппаратов с форматом кадра 55 × 81 мм и синхронизированными затворами. В кассету каждого из шести фотоаппаратов заряжалась пленка шириной 70 мм и длиной 110 или 220 м, в зависимости от толщины пленки. Это обеспечивало съемку 1200 и 2400 кадров соответственно. Шесть объективов с $F = 125$ мм и диафрагмой $f/4$

⁸ Там же.

были юстированы так, что погрешность фокусного расстояния камеры не превышала 5 мкм. Благодаря этому с высокой точностью обеспечивался масштаб изображения для шести снимков одного многозонального фотокомплекта.

МКФ-6 была оснащена механизмом компенсации сдвига изображения для предупреждения смазывания изображения, возникающего из-за движения станции по орбите. В момент экспозиции он поворачивал камеру вокруг оси, лежащей перпендикулярно направлению полета. Скорости были рассчитаны для высоты полета от 200 до 400 км. Была предусмотрена возможность съемки с перекрытием 20, 60 и 80 %. Частоту цикла съемки можно было подобрать такой, чтобы обеспечивалось перекрытие соседних кадров. Снимки с перекрытием более 60 % могли использоваться для составления стереопар. Величина компенсации сдвига и величина перекрытия устанавливались космонавтом с помощью пульта управления.

Снимки, полученные с помощью МКФ-6, обладали хорошими для своего времени геометрическими и фотометрическими свойствами (разрешение в видимой части спектра до 20 м). Благодаря высоким техническим характеристикам МКФ-6 была включена в состав бортового оборудования орбитальных станций «Салют» и «Мир». Перед установкой на борт станции «Салют-6» (1977–1982) аппаратура прошла конструкционную доработку с учетом опыта эксплуатации на борту космического корабля «Союз-22». На МКФ-6М было введено дублирование важных механических и электронных систем, увеличен объем телеметрической информации для контроля функционирования фотоаппаратуры. Масса комплекта фотоаппаратуры МКФ-6М составляла 173 кг. На борту станции камерный блок был жестко закреплен на несущей раме и установлен на иллюминатор, который при орбитальной ориентации станции был направлен на Землю. Перезарядка кассет производилась экипажем станции, доставка пленки осуществлялась кораблями «Союз» и «Прогресс».

Начало нового этапа в развитии методов и средств стереосъемки связано с появлением на борту станции «Мир» модульного оптического многоспектрального стереоскопического сканера МОМС-2П (*Modular Optoelectronic Multispectral Scanner—2P, MOMS-2P*), разработанного под эгидой Германского аэрокосмического центра (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR*). Стоит отметить, что начало программы разработки и использования камер МОМС относится к 1979 г. До отправки на «Мир» аппаратура МОМС трижды выводилась на околоземную орбиту американскими многоразовыми космическими кораблями «Спейс шаттл» (*Space Shuttle*) (июнь 1983 г., февраль 1984 г., апрель — май 1993 г.).

7 мая 1996 г. МОМС-2П был доставлен транспортным грузовым космическим кораблем «Прогресс-М31» на станцию «Мир». Монтаж стереосканера на внешней поверхности модуля «Природа» и

приведение аппаратуры в рабочее состояние были выполнены экипажем 21-й основной экспедиции (Ю. И. Онуфриенко и Ю. В. Усачев).

МОМС-2П является модульным прибором с пятью оптическими каналами: три предназначены для формирования стереоскопических изображений, два для – получения мультиспектральных изображений. Последовательность стереоскопических изображений подстилающей поверхности Земли получалась с помощью центрального объектива с $F = 660$ мм и двух объективов с $F = 237,2$ мм, отклоненных вперед и назад под углом $\pm 24,4^\circ$ к надиру при движении космической станции по орбите. Центральный объектив использовался как для стереосъемки, так и для получения данных высокого разрешения. В мультиспектральных оптических каналах были установлены объективы с $F = 220$ мм. В качестве регистрирующего элемента использовались две линейные ПЗС-матрицы по 6000 пикселей, оптически объединенные в фокальной плоскости центральной линзы⁹.

Стереосканер предназначался для цифровой стереоскопической съемки, предоставления топографических (масштаб 1:50 000) и цифровых моделей местности, получения мультиспектральных и панхроматических данных высокого разрешения. Результаты выполненного сеанса наблюдений хранились в цифровом пленочном накопителе информации до передачи данных на Землю в зоне радиовидимости наземных станций. За время работы на орбите с марта 1997 по август 1999 г. стереосканер МОМС-2П выполнил около 500 сеансов наблюдений. Прекращение его работы было связано с завершением пилотируемой фазы полета орбитальной станции «Мир». 29 августа 1999 г. экипаж 27-й основной экспедиции (С. В. Залетин и А. Ю. Калери) покинул станцию, а 23 марта 2001 г. станция «Мир» была сведена с орбиты.

С 1998 г., одновременно с завершением программы полета станции «Мир», на околоземной орбите происходила сборка Международной космической станции (МКС). В рамках деятельности НАСА (*National Aeronautics and Space Administration, NASA*) по популяризации космических достижений появилась идея о создании документального кинофильма «Космическая станция 3D». Предполагалось, что технология стереоскопической визуализации сможет наиболее убедительно передать впечатляющий масштаб проекта МКС. Проект осуществлялся совместно НАСА, Национальным аэрокосмическим музеем (*National Air and Space Museum, Вашингтон, США*), компаниями «Аймакс» (*IMAX System Corp., Торонто, Канада*) и «Локхид Мартин» (*Lockheed Martin Corp., Бетесда, США*). С декабря 1998 по июль 2001 г. в космосе были выполнены съемки с использованием стереосъемочной киноаппаратуры *IMAX*. Для этой цели были созданы

⁹ *Kramer, H. J. Observation of the Earth and Its Environment: Survey of Missions and Sensors. Berlin and Heidelberg: Springer, 2014.*



Рис. 2. Космонавты У. Шеппард и С. Крикалев во время работы с кинокамерой 3D ICBC на борту МКС, февраль 2001 г. (фото НАСА)

две уникальные стереоскопические кинокамеры 3D IMAX Cargo Bay Camera (3D ICBC)¹⁰.

Одна из камер предназначалась для съемок в открытом космосе, вторая использовалась для съемок в объеме модулей МКС. Из-за особенностей конструкции камер перезарядка пленки во время полета не предполагалась. Начиная с полета многоразового космического корабля «Индевор» в период 4–14 декабря 1998 г. 3D ICBC семь раз доставлялись на орбиту с новым запасом 65-мм позитивной пленки и возвращались на Землю с отснятым материалом.

Съемки с использованием стереоскопической кинокамеры 3D ICBC на борту станции были выполнены первым экипажем МКС (У. Шеппард, Ю. П. Гидзенко, С. К. Крикалев) в период 2 ноября 2000 г. – 18 марта 2001 г. (рис. 2). 47-минутный фильм «Космическая станция 3D» (режиссер Т. Майерс) в формате IMAX 3D вышел в прокат в 2002 г.

В 2003 г. для работ по программе Европейского космического агентства (ЕКА) (European Space Agency, ESA) «Сервантес» (Cervantes) на борт МКС была доставлена стереоскопическая фотокамера RBT 3-D SLR Camera X5 (РБТ) (рис. 3) в комплекте с элементами питания, переходной площадкой для крепления на кронштейн и 20 кассетами позитивной 35-миллиметровой пленки. РБТ использовалась на борту МКС астронавтом ЕКА Педро Дуке с 18 по 28 октября

¹⁰ Ray Zone. 3-D Revolution: The History of Modern Stereoscopic Cinema. Lexington: University Press of Kentucky, 2012.



Рис. 3. Стереоскопическая фотокамера RBT 3-D SLR Camera X5 (фото ЕКА)

2003 г. Стереофотоаппарат РБТ был разработан немецкой компанией «РБТ-раумбилдтехник ГмбХ» (*RBT-Raumbildtechnik GmbH*, Айхвальд, Германия) на базе зеркальной пленочной фотокамеры *Nikon FM10*. Отличительными чертами камеры РБТ были надежность и простота в управлении. 3D-зеркальная камера РБТ была выполнена в металлическом корпусе со стандартным для камер *Nikon* байонетом типа *F Mount*. Камера имела два несъемных объектива *Nikkor* с фокусным расстоянием $F = 24$ мм и диафрагмой $f/2,8$. Расстояние между осями объективов — 65 мм. Размер кадра — 24×36 мм. Фотокамера обладала автоматическим режимом управления экспозицией с помощью встроенного экспонометра (режим замера экспозиции — центрально-взвешенный). Благодаря встроенному светодиодному дисплею астронавт мог легко перейти в ручной режим настройки. Ручной выбор чувствительности осуществлялся в диапазоне *ISO* от 25 до 3200. Конструкция камеры позволяла использовать оба видоискателя одновременно, при этом просмотр изображений осуществлялся в стереоскопическом режиме. В камере был реализован ручной режим перемотки пленки вперед и назад. Она позволяла выполнять съемку 12 стереопар изображений при использовании фотопленки на 36 кадров. Для съемки внутри станции совместно с РБТ использовалась фотовспышка *Nikon SB-28DX*. В результате эксперимента на Землю были доставлены четыре кассеты с позитивной пленкой (48 стереопар изображений). Материалы были использованы в работе ЕКА по созданию виртуального тренажера МКС.

С 2006 г. развитие способов и средств стереосъемки на борту пилотируемых космических аппаратов связано с использованием цифровых стереоскопических камер ЭРБ — «Эразмус рекординг бинокуляр» (*Erasmus Recording Binocular*). Камера ЭРБ-1 являлась оригинальной

разработкой Эразмус-центра (*Erasmus Center*) ЕКА. Проработка технической концепции и создание камеры проводились в кооперации с голландской компанией «Козин ресёрч» (*Cosine Research*, Лейден, Нидерланды).

24 июня 2006 г. камера ЭРБ-1 была доставлена транспортным кораблем «Прогресс-22Р» на МКС. ЭРБ-1 стала первой бесплочной видеокамерой на борту МКС с возможностью записи потокового видео на жесткий диск. В камеру был установлен жесткий диск емкостью 80 Гб. Стереобаза оптической системы камеры — 65 мм. Габариты камеры — $300 \times 200 \times 150$ мм, масса — 4 кг. Энергопотребление — до 40 Вт ¹¹.

С 4 июля по 24 декабря 2006 г. астронавт ЕКА Томас Райтер выполнил ряд экспериментов с камерой по программе научных исследований ЕКА *Astrolab-2006*, которые стали продолжением исследований в области стереосъемки, начатых астронавтом Дуке в период миссии «Сервантес» (18–28 октября 2003 г.). Были получены положительные результаты тестирования первой полностью цифровой стереокамеры в условиях космического полета и подтверждена возможность ее использования в качестве средства видеорепортажа на борту космической станции. Также с помощью камеры удалось получить информацию об интерьере МКС для создания тренажера виртуальной реальности.

На Землю были возвращены четыре съемных жестких диска, содержащих три часа видеозаписи. Результаты выполненных съемок оправдали ожидания специалистов ЕКА и были продемонстрированы общественности и научному сообществу. Работы по совершенствованию стереоскопических средств видеозаписи для работы в космосе были продолжены, и к концу 2009 г. в ЕКА была создана новая камера ЭРБ-2. К разработке камеры была привлечена компания «Текно систем девелопментс» (*Techno System Developments, TSD*) (Неаполь, Италия).

Основное отличие ЭРБ-2 от предшествующей модели заключалось в возможности транслировать по каналам связи стереоскопическое цифровое видео стандарта *HDTV (HD 720p)* в реальном времени и передавать файлы записанных видеосюжетов. Новая камера обладала режимом телеуправления. Как следствие, был расширен интерфейс (появился *HSSSL*-разъем для передачи видеоизображения, *Ethernet*-разъем для получения телеметрии и осуществления режима телеуправления, *RS422*-интерфейс для настройки камеры). Изменился дизайн и габаритные размеры камеры.

Доставка на МКС камеры ЭРБ-2 была осуществлена транспортным кораблем «Прогресс М-04М» 3 февраля 2010 г. Астронавт ЕКА Паоло Несполи во время 159-суточного космического полета в составе экипажа 26-й экспедиции на МКС (с 16 декабря 2010 г. по 24 мая 2011 г.) успешно тестировал камеру. 6 августа 2011 г. астронавт НАСА

¹¹ Sabbatini, M., Visentin, G., Collon, M., Ranebo, H., Sunderland, D., Fortezza, R. Stereo Cameras on the International Space Station // Proceedings SPIE. Vol. 6490. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIV, 64901P (5 March 2007) P. 1–6.

Рон Гаранн выполнил первый стереоскопический репортаж из космоса. Поток видео с ЭРБ-2, находившейся на орбите, было продемонстрировано зрителям, собравшимся в аудитории Европейского центра исследований и технологий ЕКА, посредством стереоскопической проекции.

Таким образом, можно говорить о том, что во время орбитальных полетов в период 1961–2011 гг. на борту отечественных пилотируемых космических аппаратов неоднократно применялись технологии создания стереоскопических изображений. Для этих целей использовались отечественные и зарубежные технические решения. Результаты хронологической систематизации исторических фактов применения различных подходов, реализующих способы получения стереоскопических изображений на борту отечественных пилотируемых аппаратов, указывают на неразрывную связь космической техники с эволюцией технических средств регистрации визуальной информации в целом.

References

- Etapy razvitiia otechestvennogo fotoapparatostroeniia [The Stages of Development of the Domestic Camera Manufacturing], <http://www.photohistory.ru/1207248170259168.html>. Fotograficheskii ob'ektiv "Jupiter-6" dlia fotoapparata "Zenit", opisaniie i rukovodstvo k pol'zovaniiu [Photographic Lens "Jupiter-6" for the "Zenit" Camera: Description and User Manual] (1967). Krasnogorsk: KMZ.
- Gertsenova, K. P., and Ochered'ko, A. K. (1956) *Posobie po fotogrammetricheskim rabotam* [Manual on Photogrammetric Works]. Moskva: Geodezizdat.
- Kepler, J. (1611) *Dioptrice*. Augustae Vindelicorum: Typis Davidis Franci.
- Kramer, H. J. (2014) *Observation of the Earth and Its Environment: Survey of Missions and Sensors*. Berlin and Heidelberg: Springer.
- Leonardo da Vinci (1817) *Trattato della pittura*. Roma: Nella Stamperia de Romanis.
- Nauchnye issledovaniia, provedennye ekipazhem korablia-sputnika "Voskhod": otchet: TsKBOM, ruk. M. K. Tikhonravov, isp. K. P. Feoktistov i dr. [Scientific Research Conducted by the Crew of the Orbital Spaceship "Voskhod": A Report] (1966). Moskva.
- Ray Zone. 3-D Revolution: The History of Modern Stereoscopic Cinema (2012). Lexington: University Press of Kentucky.
- Sabbatini, M., Visentin, G., Collon, M., Ranebo, H., Sunderland, D., and Fortezza, R. (2007) Stereo Cameras on the International Space Station, *Proceedings SPIE. Vol. 6490. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIV*, 64901P (5 March 2007), pp. 1–6.
- Wheatstone, Ch. (1838) Contributions to the Physiology of Vision. — Part the First. On Some Remarkable, and Hitherto Unobserved, Phenomena of Binocular Vision, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 128, pp. 371–394.

Received: April 15, 2020.