

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3(28)/2018

СОДЕРЖАНИЕ

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС.....	5
Основные задачи подготовки и результаты деятельности экипажа МКС-53/54 при выполнении программы космического полета. <i>А.А. Мисуркин, А.А. Курицын, А.И. Кондрат, В.А. Копнин, Д.Е. Рыбкин, Е.И. Корзун</i>	5
Медицинские аспекты обеспечения безопасности полета экипажа МКС-53/54 (экспресс-анализ). <i>В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова, Е.Г. Хорошева, В.В. Криволатов</i>	17
Результаты выполнения программы КЭ «ЭКОН-М» космонавтом А.А. Мисуркиным в составе экипажа МКС-53/54. <i>Г.Д. Орешкин, А.Н. Ядренцев, А.В. Севериненко</i>	34
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС.....	45
Лаборатория «Плазменный кристалл-3 Плюс» на российском сегменте Международной космической станции – успешный проект по физике комплексной плазмы. <i>В.Е. Фортков, О.Ф. Петров, А.Д. Усачев, А.М. Липаев, С.А. Храпак, В.И. Молотков, В.Н. Наумкин, Д.И. Жуховицкий, А.Г. Храпак, Х.М. Томас, М. Швабе</i>	45
Основы анализа и проектирования ИТ-инфраструктуры для интегрированного тренажерного комплекса подготовки космонавтов. <i>В.Е. Шукинунов, В.В. Янюшкин, М.М. Харламов, В.П. Христунов, Б.А. Наумов, С.Н. Ковригин</i>	65
Робот космического назначения как составляющая научной аппаратуры. <i>А.А. Богданов, И.М. Кутлубаев, А.Ф. Пермьяков</i>	83
ОБЗОРЫ.....	97
Виртуальное 3D-моделирование реальных ПКК в интересах историко-технических исследований и сохранения научно-технической информации об объектах. <i>Ю.М. Батулин, Б.И. Крючков, А.В. Леонов</i>	97
ИСТОРИЯ СОБЫТИЯ. ЛЮДИ.....	117
ГИРД – как историческое научно-практическое начало отечественного ракетостроения. <i>А.П. Александров</i>	117

CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS.....	5
Main Results of the ISS-53/54 of Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. <i>A.A. Misurkin, A.A. Kuritsyn, A.I. Kondrat, V.A. Kopnin, D.E. Rybkin, E.I. Korzun</i>	5
Medical Aspects of Securing the Flight of the ISS Crew for Expedition 53/54 (Express Analysis). <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov</i>	17
Results of Implementing the “Ekon-M” Space Experiment Program by A.A. Misurkin, a Member of the ISS Crew for Expedition 53/54. <i>G.D. Oreshkin, A.N. Yadrentsev, A.V. Severinenko</i>	34
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS.....	45
“Plasma Crystal-3 Plus” Laboratory at the Russian Segment of the International Space Station is a Successful Project on the Complex Plasma Physics. <i>V.E. Fortov, O.F. Petrov, A.D. Usachev, A.M. Lipaev, S.A. Khrapak, V.I. Molotkov, V.N. Naumkin, D.I. Zhukhovitsky, A.G. Khrapak, H.M. Thomas, M. Schwabe</i>	45
Basics of the Analysis and Designing of IT-Infrastructure for the Integrated Simulator Complex of Cosmonaut Training. <i>V.E. Shukshunov, V.V. Yamushkin, M.M. Kharlamov, V.P. Khripunov, B.A. Naumov, S.N. Kovrigin</i>	65
Robot of Space Application as a Component of Scientific Hardware. <i>A.A. Bogdanov, I.M. Kutlubaev, A.F. Permyakov</i>	83
OVERVIEWS.....	97
Virtual 3D-Simulation of Real Manned Space Complexes in the Interests of Historical and Technical Studies and Saving Scientific and Technical Information About Objects. <i>Yu.M. Baturin, B.I. Kryuchkov, A.V. Leonov</i>	97
HISTORY. EVENTS. PEOPLE.....	117
Group on Propulsion Research (GPR) – as a Historical Scientific and Practical Initial Point of National Rocketry. <i>A.P. Aleksandrov</i>	117

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-53/54 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

А.А. Мисуркин, А.А. Курицын, А.И. Кондрат, В.А. Копнин,
Д.Е. Рыбкин, Е.И. Корзун

Аннотация. Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-53/54 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС-06» и Международной космической станции (МКС). Дан обзор задач, решаемых при выполнении ВКД.

Ключевые слова: задачи подготовки экипажа, космический полет, Международная космическая станция, научно-прикладные исследования и эксперименты.

ЛИТЕРАТУРА

Мисуркин Александр Александрович – Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ, инструктор-космонавт-испытатель-начальник группы, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: info@gctc.ru

Курицын Андрей Анатольевич – докт. техн. наук, доцент, начальник управления, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: info@gctc.ru

Кондрат Андрей Иванович – заместитель начальника управления, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: A.Kondrat@gctc.ru

Копнин Вадим Анатольевич – начальник отдела, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: V.Kopnin@gctc.ru

Рыбкин Дмитрий Евгеньевич – начальник отделения, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: D.Rybkin@gctc.ru

Корзун Елена Ивановна – младший научный сотрудник, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: E.Korzun@gctc.ru

Main Results of the ISS-53/54 of Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. A.A. Misurkin, A.A. Kuritsyn, A.I. Kondrat, V.A. Kopnin, D.E. Rybkin, E.I. Korzun

The paper considers results of the ISS-53/54 crew activity aboard the “Soyuz-MC-06” spacecraft and the ISS. The tasks solved when performing extravehicular activity are reviewed.

Keywords: tasks of crew training, spaceflight, International Space Station, scientific applied research and experiments.

REFERENCES

Misurkin Aleksandr Aleksandrovich – Hero of the Russian Federation, Pilot-cosmonaut of the Russian Federation, instructor-test cosmonaut, group leader. FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: info@gctc.ru

Kuritsyn Andrey Anatolievich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: info@gctc.ru

Kondrat Andrey Ivanovich - Deputy Head of Department, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: A.Kondrat@gctc.ru

Kopnin Vadim Anatolievich – Division Head, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: V.Kopnin@gctc.ru

Rybkin Dmitriy Evgenyevich – Subdivision Head, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: D.Rybkin@gctc.ru

Korzun Elena Ivanovna – Junior Reseacher, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: V.Korzun@gctc.ru

УДК 61:629.78.007

МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-53/54 (ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)

В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова, Е.Г. Хорошева, В.В. Криволапов

Аннотация. В статье представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-53/54. Дается краткая характеристика функционирования систем медицинского обеспечения полета и поддержания стабильности среды обитания космонавтов на РС МКС. Подведены итоги выполнения рекомендаций медицинских специалистов, программы медицинского контроля и использования бортовых средств профилактики нарушения состояния здоровья космонавтов в полете.

Ключевые слова: медицинское обеспечение, медицинский контроль, система профилактики, среда обитания, режим труда и отдыха.

ЛИТЕРАТУРА

Богомолов Валерий Васильевич – докт. мед. наук, профессор, Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук.

Электронная почта:

Почуев Владимир Иванович – канд. мед. наук, старший научный сотрудник, начальник управления – врач-терапевт высшей категории, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: V.Pochuev@gctc.ru

Алферова Ирина Владимировна – канд. мед. наук, руководитель группы медицинского обеспечения полетов, Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук.

Электронная почта:

Хорошева Елена Григорьевна – старший научный сотрудник, Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук.

Электронная почта:

Криволапов Владимир Всеволодович – старший научный сотрудник, Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук.

Электронная почта:

Medical Aspects of Securing the Flight of the ISS Crew for Expedition 53/54 (Express Analysis).

V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov

Abstract. The paper shows the results of medical maintenance of the ISS-53/54 expedition and gives a brief description of operation of the medical support system and maintaining the stability of human environment aboard the ISS RS. Besides, the paper sums up results of implementing medical recommendations, program of medical monitoring and the use of onboard means designed to prevent the alteration of cosmonauts' health status in spaceflight.

Keywords: medical support, medical monitoring, preventive system, human environment, work/rest schedule.

REFERENCES

Bogomolov Valery Vasilievich – Doctor of Medical Sciences, Professor, State Science Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems of the RAS.

E-mail:

Pochuev Vladimir Ivanovich - PhD in Medical Sciences, senior researcher, Department Head-physician of the highest category, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: V.Pochuev@gctc.ru

Alferova Irina Vladimirovna – PhD in Medicine, leader of the mission medical support group, State Science Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems of RAS.

E-mail:

Khorosheva Elena Grigorievna – senior researcher, State Science Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems of the RAS

E-mail:

Krivolapov Vladimir Vsevolodovich – senior researcher, State Science Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems of RAS

E-mail:

УДК 629.78.007

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ КЭ «ЭКОН-М» КОСМОНАВТОМ А.А. МИСУРКИНЫМ В СОСТАВЕ ЭКИПАЖА МКС-53/54

Г.Д. Орешкин, А.Н. Ядренцев, А.В. Севериненко

Аннотация. В статье представлены результаты выполнения программы космического эксперимента (КЭ) «Экон-М» космонавтом А.А. Мисуркиным. В составе экипажа МКС-53/54 проведен анализ работы научной и обеспечивающей аппаратуры, выданы предложения по использованию полученных результатов.

Ключевые слова: российский сегмент Международной космической станции, космический эксперимент, визуально-приборные наблюдения, научная и

обеспечивающая аппаратура, экологическое обследование районов деятельности различных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

Орешкин Геннадий Дмитриевич – канд. техн. наук, заместитель начальника управления по научно-исследовательской и испытательной работе, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: G.Oreshkin@gctc.ru

Ядренцев Александр Николаевич – начальник отдела, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: A.Yadrencev@gctc.ru

Севериненко Александр Васильевич – старший бортовой инженер-испытатель, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: A.Severinenko@gctc.ru

Results of Implementing the “Ekon-M” Space Experiment Program by A.A. Misurkin, a Member of the ISS Crew for Expedition 53/54.

G.D. Oreshkin, A.N. Yadrentsev, A.V. Severinenko

Abstract. The paper considers the problems of training cosmonauts for emergency situations, argues the necessity of training crews in flight, gives the on-board simulator structure and describes the process of on-board training.

Keywords: space station, crew safety, training, skills, level of preparedness, on-board simulator, training tasks, methods of on-board training.

REFERENCES

Oreshkin Gennady Dmitrievich - PhD in Technical Sciences, Deputy Head of Department (for research and test work), FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: G.Oreshkin@gctc.ru

Yadrentsev Aleksandr Nikolaevich – Division head, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: A.Yadrencev@gctc.ru

Severinenko Aleksandr Vasilyevich – senior flight test-engineer, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: A.Severinenko@gctc.ru

УДК 537.5

ЛАБОРАТОРИЯ «ПЛАЗМЕННЫЙ КРИСТАЛЛ-3 ПЛЮС» НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ – УСПЕШНЫЙ ПРОЕКТ ПО ФИЗИКЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЛАЗМЫ

В.Е. Фортов, О.Ф. Петров, А.Д. Усачев, А.М. Липаев, С.А. Храпак, В.И.

Молотков, В.Н. Наумкин, Д.И. Жуховицкий, А.Г. Храпак, Х.М. Томас, М. Швабе

Аннотация. В статье приводятся сведения о результатах успешной реализации совместного российско-германского проекта по исследованию физики сильно неидеальной комплексной (пылевой) плазмы в условиях микрогравитации. Комплексная (пылевая) плазма представляет собой низкотемпературную плазму, содержащую твердые частицы микронного размера. Эти микрочастицы приобретают большой заряд и становятся доминирующим компонентом в плазме. Благодаря возможности наблюдения за поведением отдельных пылевых

частиц и исследования системы многих частиц на кинетическом уровне пылевая плазма в настоящее время активно используется при изучении явлений неидеальности в классическом конденсированном веществе. Для выполнения экспериментов с большими (более миллиона микрочастиц) изотропными трехмерными пылевыми системами необходимо устранить сильное влияние гравитации на заряженные пылевые частицы, что возможно при исследовании этих систем на борту Международной космической станции. С помощью уникальной лаборатории ПК-3 Плюс, работавшей на российском сегменте МКС с 2006 по 2013 гг., получен огромный объем научной информации о процессах в комплексной (пылевой) плазме. Выполнены эксперименты по исследованию фазового перехода плазменный кристалл - плазменная жидкость при варьировании ряда параметров, рекристаллизации плазменно-пылевой системы, особенностей процессов в бинарных пылевых системах, электрореологической плазмы, флуктуаций положений микрочастиц в узлах плазменного кристалла. Выполнены эксперименты по изучению коллективного движения пылевых частиц, взаимодействия комплексной плазмы с крупной сильно заряженной микрочастицей, особенностей плазменно-пылевых неустойчивостей. До настоящего времени опубликовано более 60 статей по результатам экспериментов на ПК-3 Плюс в ведущих реферируемых научных журналах, тем не менее анализ и обработка полученного массива данных продолжается.

Ключевые слова: сильнонеидеальная комплексная (пылевая) плазма, микрогравитация, фазовый переход, плазменный кристалл, плазменная жидкость, сканирование.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Комплексная и пылевая плазма. Из лаборатории в космос / под ред. В.Е. Фортова, Г. Морфилла. – М.: Физматлит, 2012. – 443 с.
- [2] Введение в физику пылевой и комплексной плазмы / А.В. Ивлев, С.А. Храпак, В.И. Молотков, А.Г. Храпак. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2017. – 124 с.
- [3] Complex plasma laboratory PK-3 plus on the international space station / H.M. Thomas, G.E. Morfill, V.E. Fortov et al. // *New Journal of Physics*. – 2008. – Vol. 10, – P. 033036.
- [4] Плазменно-пылевые кристаллы и жидкости в экспериментах на Международной космической станции / В.Е. Фортов, О.Ф. Петров, В.И. Молотков и др. // *Пилотируемые полеты в космос*. – 2011. – № 1(1). – С. 65-77.
- [5] Freezing and Melting of 3D Complex Plasma Structures under Microgravity Conditions Driven by Neutral Gas Pressure Manipulation / S.A. Khrapak, B.A. Klumov, P. Huber et al. // *PHYSICAL REVIEW LETTERS*. – 2011. – Vol. 106. – № 20. – P. 205001.
- [6] Experiments on phase transitions in three-dimensional dusty plasma under microgravity conditions / V.I. Molotkov, V.N. Naumkin, A.M. Lipaev et al. // *INTERNATIONAL CONFERENCE - THE PHYSICS OF LOW TEMPERATURE PLASMA (PLTP-2017) : Journal of Physics Conference Series*. – 2017. – Vol. 927. – P. UNSP 012037.
- [7] Khrapak, S. A. Multiple phase transitions associated with charge cannibalism effect in complex (dusty) plasmas / S.A. Khrapak, H.M. Thomas, G.E. Morfill // *EPL*. – 2010. – Vol. 91. – № 2. – P. 25001.
- [8] Observation of metallic sphere-complex plasma interactions in microgravity / M. Schwabe, S. Zhdanov, T. Hagl et al. // *NEW JOURNAL OF PHYSICS*. – 2017. – Vol. 19. – P. 103019.
- [9] Dust coupling parameter of radio-frequency-discharge complex plasma under microgravity conditions / D.I. Zhukhovitskii, V.N. Naumkin, A.I. Khusnulgatin et al. // *PHYSICAL REVIEW E*. – 2017. – Vol. 96. – № 4. – P. 043204.
- [10] Latest results on complex plasmas with the PK-3 Plus laboratory on board the International Space Station / M. Schwabe, C.R. Du, P. Huber et al. // *Micrograv. Sci. Technol.* – 2018. – published online.
- [11] Density waves at the interface of a binary complex plasma / L. Yang, M. Schwabe, S. Zhdanov et al. // *EPL*. – 2017. – Vol. 117, – P. 25001.
- [12] First observation of electrorheological plasmas / A.V. Ivlev, G.E. Morfill, H. M. Thomas et al. // *PHYSICAL REVIEW LETTERS*. – 2008. – Vol. 100. – № 9. – P. 095003.
- [13] Dynamics of Lane Formation in Driven Binary Complex Plasmas / K.R. Suetterlin, A. Wysocki, A.V. Ivlev et al. // *PHYSICAL REVIEW LETTERS*. – 2009. – Vol. 102. – № 8. – P. 085003.
- [14] Interpenetration of two clouds of microparticles in complex plasma under microgravity conditions / V.I. Molotkov, A.M. Lipaev, V.N. Naumkin et al. // *DUSTY/COMPLEX PLASMAS: BASIC AND INTERDISCIPLINARY RESEARCH: SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PHYSICS OF DUSTY PLASMAS : AIP Conference Proceedings*. – 2011. – Vol. 1397.
- [15] Comprehensive experimental study of heartbeat oscillations observed under microgravity conditions in the PK-3 Plus laboratory on board the International Space Station / R.J. Heidemann, L. Couedel, S.K. Zhdanov et al. // *PHYSICS OF PLASMAS*. – 2011. – Vol. 18. – № 5. – P. 053701.

- [16] Nonviscous motion of a slow particle in a dust crystal under microgravity conditions / D.I. Zhukhovitskii, V.E. Fortov, V.I. Molotkov et al. // PHYSICAL REVIEW E. – 2012. – Vol. 86. – № 1, 2. – P. 016401.
- [17] Density distribution of a dust cloud in three-dimensional complex plasmas / V. N. Naumkin, D. I. Zhukhovitskii, V. I. Molotkov et al. // PHYSICAL REVIEW E. – 2016. – Vol. 94. – № 3. – P. 033204.

Фортов Владимир Евгеньевич – докт. физ.-мат. наук, профессор, академик РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Петров Олег Федорович – докт. физ.-мат. наук, профессор, академик РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Усачев А.Д. – канд. физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Липаев Андрей Михайлович – канд. физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Храпак С.А. – канд. физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Молотков Владимир Иванович – канд. техн. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Наумкин В.Н. – канд. физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Жуховицкий Д.И. – докт. физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Храпак А.Г. – докт. физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук».

Электронная почта:

Томас Х.М. – докт. философии, Институт физики материалов в космосе Германского космического агентства.

Электронная почта:

Швабе М. – докт. философии, Институт физики материалов в космосе
Германского космического агентства.

Электронная почта:

“Plasma Crystal – 3 Plus” Laboratory at the Russian Segment of the International Space Station is a Successful Project on the Complex Plasma Physics. V.E. Fortov, O.F. Petrov, A.D. Usachev, A.M. Lipaev, S.A. Khrapak, V.I. Molotkov, V.N. Naumkin, D.I. Zhukhovitsky, A.G. Khrapak, H.M. Thomas, M. Schwabe

Abstract. The paper contains information on the results of the successful realization of the joint Russian–German project of studies in the field of physics of the strongly-coupled complex (dusty) plasma under microgravity conditions. Complex (dusty) plasma is low temperature plasma containing solid particles of micron size. These particles acquire a high charge and become the dominating component in the plasma. Owing to a possibility of observing a behavior of separate dust particles and studying a system of many particles at the kinetic level, the dusty plasma is now actively used to investigate the phenomena of nonideality in the classical condensed matter. To perform experiments with large (more than a million of microparticles) isotropic three-dimensional dusty systems it is necessary to eliminate a strong influence of gravity on the charged dust particles what is possible during studies aboard the International Space Station. With the help of the unique PK-3 Plus laboratory which operated at the ISS Russian Segment from 2006 through 2013 the great volume of scientific information on processes in the complex (dusty) plasma has been obtained. Experimental studies of the "plasma crystal - plasma liquid" phase transition at varying a number of parameters, recrystallization of the dusty-plasma system, peculiarities of processes in the binary dusty systems, electrorheological plasma, fluctuations of the position of microparticles in the plasma crystal lattice points were carried out. Experimental studies of collective motion of dust particles, interaction of the complex plasma with a large highly charged macroparticle, and the features of dusty plasma instabilities were conducted. More than 60 papers on the results of experiments on the PK-3 Plus have already been published in the leading refereed scientific journals, nevertheless analysis and processing of the obtained data array are still in progress.

Keywords: strongly nonideal complex (dusty) plasma, microgravity, phase transition, plasma crystal, plasma liquid, scanning.

REFERENCES

- [1] Complex and dusty plasmas. From the library to space / edited by V.E. Florov. E. Fortov, G. Morfill. – Moscow: Fizmatlit, 2012. – 443 p.
- [2] Introduction to the physics of complex/dusty plasmas / A.V. Ivlev, S.A. Khrapak, V.I. Molotkov, A.G. Khrapak. – Dolgoprudny: “Intelekt” Publishing House, 2017. – 124 p.
- [3] Complex plasma laboratory PK-3 plus on the international space station / H.M. Thomas, G.E. Morfill, V.E. Fortov et al. // *New Journal of Physics*. – 2008. – Vol. 10, – P. 033036.
- [4] Dusty Plasma Crystals And Liquids In Experiments On The International Space Station / V.E. Fortov, O.F. Petrov, V.I. Molotkov and others. // *Manned Space Flights*. – 2011. – № 1(1). – pp. 65-77.
- [5] Freezing and Melting of 3D Complex Plasma Structures under Microgravity Conditions Driven by Neutral Gas Pressure Manipulation / S.A. Khrapak, B.A. Klumov, P. Huber et al. // *PHYSICAL REVIEW LETTERS*. – 2011. – Vol. 106. – № 20. – P. 205001.
- [6] Experiments on phase transitions in three-dimensional dusty plasma under microgravity conditions / V.I. Molotkov, V.N. Naumkin, A.M. Lipaev et al. // *INTERNATIONAL CONFERENCE - THE PHYSICS OF LOW TEMPERATURE PLASMA (PLTP-2017)* : Journal of Physics Conference Series. – 2017. – Vol. 927. – P. UNSP 012037.
- [7] Khrapak S.A. Multiple phase transitions associated with charge cannibalism effect in complex (dusty) plasmas / S.A. Khrapak, H.M. Thomas, G.E. Morfill // *EPL*. – 2010. – Vol. 91. – № 2. – P. 25001.
- [8] Observation of metallic sphere-complex plasma interactions in microgravity / M. Schwabe, S. Zhdanov, T. Hagl et al. // *NEW JOURNAL OF PHYSICS*. – 2017. – Vol. 19. – P. 103019.

- [9] Dust coupling parameter of radio-frequency-discharge complex plasma under microgravity conditions / D.I. Zhukhovitskii, V.N. Naumkin, A.I. Khusnulgatin et al. // PHYSICAL REVIEW E. – 2017. – Vol. 96. – № 4. – P. 043204.
- [10] Latest results on complex plasmas with the PK-3 Plus laboratory on board the International Space Station / M. Schwabe, C.R. Du, P. Huber et al. // Micrograv. Sci. Technol. – 2018. – published online.
- [11] Density waves at the interface of a binary complex plasma / L. Yang, M. Schwabe, S. Zhdanov et al. // EPL. – 2017. – Vol. 117, – P. 25001.
- [12] First observation of electrorheological plasmas / A.V. Ivlev, G.E. Morfill, H.M. Thomas et al. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. – 2008. – Vol. 100. – № 9. – P. 095003.
- [13] Dynamics of Lane Formation in Driven Binary Complex Plasmas / K.R. Suetterlin, A. Wysocki, A.V. Ivlev et al. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. – 2009. – Vol. 102. – № 8. – P. 085003.
- [14] Interpenetration of two clouds of microparticles in complex plasma under microgravity conditions / V.I. Molotkov, A.M. Lipaev, V.N. Naumkin et al. // DUSTY/COMPLEX PLASMAS: BASIC AND INTERDISCIPLINARY RESEARCH: SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PHYSICS OF DUSTY PLASMAS : AIP Conference Proceedings. – 2011. – Vol. 1397.
- [15] Comprehensive experimental study of heartbeat oscillations observed under microgravity conditions in the PK-3 Plus laboratory on board the International Space Station / R.J. Heidemann, L. Couedel, S.K. Zhdanov et al. // PHYSICS OF PLASMAS. – 2011. – Vol. 18. – № 5. – P. 053701.
- [16] Nonviscous motion of a slow particle in a dust crystal under microgravity conditions / D.I. Zhukhovitskii, V.E. Fortov, V.I. Molotkov et al. // PHYSICAL REVIEW E. – 2012. – Vol. 86. – № 1, 2. – P. 016401.
- [17] Density distribution of a dust cloud in three-dimensional complex plasmas / V.N. Naumkin, D.I. Zhukhovitskii, V.I. Molotkov et al. // PHYSICAL REVIEW E. – 2016. – Vol. 94. – № 3. – P. 033204.

Fortov Vladimir Yevgenievich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Member of the RAS, Federal State Budgetary Institution of Science “Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences”

E-mail:

Petrov Oleg Fedorovich - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Member of the RAS, Federal State Budgetary Institution of Science “Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences”

E-mail:

Usachev A.D. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Federal State Budgetary Institution of Science “Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences”

E-mail:

Lipaev Andrey Mikhailovich - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Federal State Budgetary Institution of Science “Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences”

E-mail:

Khrapak Sergey Alekseyevich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, State organization “Joint Institute for High Temperatures of RAS”.

E-mail:

Molotkov Vladimir Ivanovich – Ph.D. in Engineering Science, State organization “Joint Institute for High Temperatures of RAS”.

E-mail:

Naumkin Vadim Nikolayevich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, State organization “Joint Institute for High Temperatures of RAS”.

E-mail:

Zhukhovitskiy D.I. – Doctor of Physics and Mathematics докт. физ.- мат. наук, State organization “Joint Institute for High Temperatures of RAS”.

E-mail:

Khrapak Aleksey Georgiyevich. – Doctor of Physics and Mathematics, State organization “Joint Institute for High Temperatures of RAS”.

E-mail:

Thomas Hubertus – Doctor of Philosophy, Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Garching, Germany

E-mail:

Shvabe M. – Doctor of Philosophy, Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Garching, Germany

E-mail:

УДК 629.78.072

ОСНОВЫ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

В.Е. Шукшунов, В.В. Янюшкин, М.М. Харламов, В.П. Хрипунов, Б.А. Наумов,
С.Н. Ковригин

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к созданию интегрированного тренажерного комплекса в ЦПК имени Ю.А. Гагарина на базе современных технических и программных средств. Описан подход к созданию единого информационного пространства на основе распределенной среды моделирования. Приводятся основные технические и концептуальные решения, а также предложения для разработки программно-аппаратной инфраструктуры на основе современных технологий, в том числе с применением централизованных расчетов в центре обработки данных. Кратко описаны результаты выполненной работы по тестированию существующей ИТ-инфраструктуры ЦПК имени Ю.А. Гагарина в интересах реализации интегрированного тренажерного комплекса и основные требования к аппаратной части.

Ключевые слова: тренажерный комплекс, комплекс тренажеров, технологии виртуализации ресурсов, технические средства подготовки космонавтов, интеграция.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Наумов Б.А. Космические тренажеры. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок Московской области, 2013. – 214 с.
- [2] Наумов Б.А., Хрипунов В.П. Основные подходы к созданию и эксплуатации комплекса технических средств подготовки космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – 2014. – № 2 (11) – С. 30–34.
- [3] Наумов Б.А., Хрипунов В.П., Путилин Д.В. Тренажерные комплексы. Достоинства и недостатки создания и эксплуатации // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(23). – 2017. – С. 29–36.
- [4] Безруков Г.В., Фоменко В.В. Программная оболочка ТРИО в тренажерах МКС // Материалы научно-технического семинара «Технические средства и технологии для построения тренажеров». – Звездный городок, 1998. – Вып. 3. – С. 73–77.
- [5] Лункин К.С., Виноградов Ю.А., Саев В.Н. Опыт создания и эксплуатации вычислительных систем космических тренажеров // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(15). – 2015. – С. 102–111.
- [6] Лончаков Ю.В., Наумов Б.А., Хрипунов В.П. Основные положения по созданию в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина интегрированного комплекса технических средств подготовки космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – № 4(13). – 2014. – С. 25–39.
- [7] Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В. Учебно-тренажерно-моделирующие комплексы нового поколения для подготовки космонавтов. – М.: Машиностроение, 2015. – 112 с.
- [8] Шукшунов В.Е., Циблиев В.В., Потockий С.И. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации. – М.: Машиностроение, 2005. – 384 с.

- [9] Ковригин С.Н., Янюшкин В.В. Основы анализа IT-инфраструктуры открытого контура автоматизированной системы информационного обеспечения подготовки космонавтов для создания интегрированного тренажерного комплекса // Программные продукты и системы. – № 4. – 2015. – С. 16–21.
- [10] Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В. Концептуальные основы разработки и создания учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения // Программные продукты и системы. – № 4. – 2015. – С. 5–15.
- [11] High-Level Architecture, официальный сайт АО «НПО РусБИТех»: <http://rusbitech.ru/press/news/news-company/high-level-architecture>.

Шукшунов Валентин Ефимович – докт. техн. наук, профессор, генеральный директор, Центр тренажеростроения и подготовки персонала.

Электронная почта:

Янюшкин В. В. – канд. техн. наук, заместитель генерального директора по технологическому развитию, Центр тренажеростроения и подготовки персонала.

Электронная почта:

Харламов Максим Михайлович – первый заместитель начальника Центра по организации деятельности и инновационному развитию, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта:

Хрипунов Владимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, начальник управления, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: V.Khripunov@gctc.ru

Наумов Борис Александрович – докт. техн. наук, доцент, главный научный сотрудник, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: B.Naumov@gctc.ru

Ковригин Сергей Николаевич – канд. техн. наук, доцент, начальник отдела-заместитель начальника КПСЦ, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: S.Kovrigin@gctc.ru

Basics of the Analysis and Designing of IT-Infrastructure for the Integrated Simulator Complex of Cosmonaut Training. V.E. Shukshunov, V.V. Yanushkin, M.M. Kharlamov, V.P. Khripunov, B.A. Naumov, S.N. Kovrigin

Abstract. The paper considers approaches to the creation of an integrated simulator complex at the Gagarin CTC on the basis of modern hardware and software. An approach to the development of a single information space on the basis of the TRIO distributed modeling environment is discussed. Key technical and conceptual solutions as well as proposals on designing the software/hardware infrastructure on the basis of modern technologies including with the use of centralized calculations at the data processing center are given. The results of the performed testing the existing IT-infrastructure at the GCTC in the interests of implementing an integrated simulator complex and main requirements for hardware are briefly described.

Keywords: simulator complex, simulator facility, resources virtualization technology, technical facilities for cosmonaut training, integration.

REFERENCES

- [1] Naumov B.A. Space Simulators. – FSBO Gagarin Research&Test CTC, Star City, Moscow region, 2013. – 214 p.
- [2] Naumov B.A., Khripunov V.P. Basic Approaches to the Creation and Operation of the Technical Facilities for Cosmonaut Training // Manned Space Flights. – 2014. – No 2 (11) – pp. 30–34.
- [3] Naumov B.A., Khripunov V.P., Putilin D.V. Simulator Complexes. Virtues and Shortcomings of the Development and Operation // Manned Space Flights. – No 2(23). – 2017. – pp. 29–36.

- [4] Bezrukov G.V., Fomenko V.V. TRIO Software in ISS Simulators // Proceedings of the Scientific and Technical Seminar «Technical Facilities and Technologies for Construction of Simulators». – Star City, 1998. – Issue. 3. – pp. 73–77.
- [5] Lunkin K.S., Vinogradov Yu.A., Saev V.N. Experience in Designing and Operating the Computer Systems of Space Simulators // Manned Space Flights. – No 2(15). – 2015. – pp. 102–111.
- [6] Lonchakov Yu.V., Naumov B.A., Khripunov V.P. General Provisions for the Creation of an Integrated Technical Facilities Complex for Cosmonaut Training at Gagarin CTC // Manned Space Flights. – No 4(13). – 2014. – pp. 25–39.
- [7] Shukshunov V.E., Yanyushkin V.V. Advanced Simulator Complexes for Cosmonaut Training. – Moscow: Mashinostroenie Publ., 2015. – 112 p.
- [8] Shukshunov V.E., Tsibliyev V.V., Pototskiy S.I. Simulators and Simulator Complexes. Technology Development and Operational Experience. – Moscow: Mashinostroenie Publ., 2005. – 384 p.
- [9] Kovrigin S.N., Yanyushkin V.V. The analysis of an IT infrastructure of the Astronaut Training Open Automation System to Create an Integrated Simulation Complex // Programmnye Produkty I Sistemy (Software&Systems). – No 4. – 2015. – pp. 16–21.
- [10] Shukshunov V.E., Yanyushkin V.V. Conceptual Framework for Development of the Next-generation Educational Training and Simulation complex (etsc) // Programmnye Produkty I Sistemy (Software&Systems). – No 4. – 2015. – pp. 5–15.
- [11] High-Level Architecture, The official website of JSC “Rusbitech”: <http://rusbitech.ru/press/news/news-company/high-level-architecture>.

Shukshunov Valentin Efimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Space Simulator Center, Moscow

E-mail:

Yanushkin V.V. – Ph.D. In Engineering Science, Deputy Head for Technological Development, the Space Simulator Center, Moscow.

E-mail:

Kharlamov Maksim Mikhaylovich — Deputy Head (for innovative development), FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail:

Khripunov Vladimir Petrovich – PhD in Technical Sciences, Assistant Professor, Head of department, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: V.Khripunov@gctc.ru

Naumov Boris Aleksandrovich – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, leading researcher, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: B.Naumov@gctc.ru

Kovrigin Sergey Nikolaevich – PhD in Technical Sciences Associate Professor, Division Head-Deputy Head of Space Center, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: S.Kovrigin@gctc.ru

УДК 621.865.8

РОБОТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ

А.А. Богданов А.А., И.М. Кутлубаев, А.Ф. Пермяков

Аннотация. Обоснована целесообразность использования антропоморфной структуры при создании робота космического исполнения. Предложена классификация роботов космического назначения в зависимости от внешних условий функционирования. Отражены основные особенности построения каждого типа робота. Представлены цели и задачи выполняемого проекта «Испытатель», в ходе которого будет осуществлен орбитальный полет с антропоморфным роботом «FEDOR». Специальная подготовка действующего робота «FEDOR» позволит провести исследования его функционирования в условиях воздействия факторов орбитального полета: вибрации, ударных

нагрузок, невесомости.

Ключевые слова: антропоморфный робот, «FEDOR», «Испытатель», типы роботов космического назначения, захват, базовые составляющие, космическая станция, космический эксперимент, орбитальный полет, летные испытания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анализ основных результатов внекорабельной деятельности экипажей МКС / Крючков Б.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Ярополов В.И., Усов В.М., Иродов Е.Ю., Верба Д.И., Коренной В.С. // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 1 (22). – С. 56–67.
- [2] Сорокин В.Г. Вариант состава и структурной схемы базового блока автономного антропоморфного робота космического исполнения // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 1(22). – С. 68–64.
- [3] Julia Badger, Dustin Gooding, Kody Ensley, Kimberly Hambuchen, Allison Thackston. A Case Study on Robonaut 2 // ROS in Space. The Complete Reference (Volume 1). P. 343-373. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26054-9>.
- [4] A Schiele, T Kruger, S Kimmer, M Aiple, J Rebelo, J Smisek, E den Exter, E Mattheson, A Henandez, and F van der Hulst. Haptics-2 – A System for Bilateral Control Experiments from Space to Ground Via Geosynchronous Satellites. In IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), pages 892–897. IEEE, 2016.
- [5] Bamfaste S. Development of a Software Layer for the Integration of Robotic Elements into the METERON Infrastructure using Robotic Services, Master Thesis, Luleå University of Technology, 2016.
- [6] Mishkin A., Lee Y., Korth D., Blanc T. Le. Human - Robotic Missions to the Moon and Mars: Operations Design Implications. IEEE Aerospace Conference, 2007.
- [7] Bualat M., Carey W., Fong T., et al. Preparing for Crew-Control of Surface Robots from Orbit . IAA Space Exploration Conference, 2014. Lastly accessed 09.07.2015. URL: http://www.ri.cmu.edu/pub_files/iaa14-bualat-et-al.pdf.
- [8] Birkenkamp P., Leidner D., Lii N.Y. Ubiquitous User Interface Design for Space Robotic Operation / 14th Symposium on Advanced Space Technologies in Robotics and Automation (ASTRA).
- [9] Обоснование выбора структурной схемы роботов космического исполнения / Жиденко И.Г., Кутлубаев И.М., Богданов А.А., Сычков В.Б. // Решетневские чтения. – 2013. – Т. 1. – № 17. – С. 278–280.
- [10] A General-purpose System for Teleoperation of the DRC-HUBO Humanoid Robot / M. Zucker, S. Joo, M. X. Grey, C. Rasmussen, E. Huang, M. Stilman, A. Bobick Journal of Field Robotics, vol. 32, No. 3, 2015, pp. 336–351.

Богданов А.А. – главный конструктор, АО «НПО «Андроидная техника».

Электронная почта: info@rusandroid.com

Кутлубаев И.М. – докт. техн. наук, ведущий научный руководитель, АО «НПО «Андроидная техника».

Электронная почта: info@rusandroid.com

Пермяков А.Ф. – генеральный директор, АО «НПО «Андроидная техника».

Электронная почта: info@rusandroid.com

Robot of Space Application as a Component of Scientific Hardware.

A.A. Bogdanov, I.M. Kutlubayev, A.F. Permyakov

Abstract. The reasonability of usage of anthropomorphic structure in designing of a robot of space application is proved. The classification of robots of space application depending on external conditions of functioning is proposed. The main features of construction of each type of a robot are indicated. The purposes and tasks of “Ispytatel” manageable project within the framework of which an orbital flight with “FEDOR” anthropomorphic robot will be accomplished are presented. Special preparation of “FEDOR” robot will make it possible to perform research of its functioning under the impact of orbital flight factors, such as vibration, suddenly-applied load, zero-gravity.

Keywords: anthropomorphic robot, “FEDOR”, “Ispytatel”, types of robots of space application, robot hand, basic components, space station, space experiment, orbital flight, flight tests.

REFERENCES

- [1] Main Results of EVA performed by the ISS Crews / Krychkov B.I., Altunin A.A., Dolgov P.P., Yaropolov V.I., Usov V.M., Irodov E.Yu., Verba D.I., Korennoy V.S. // *Manned Space Flights*. – 2017. – No 1 (22). – pp. 56–67.
- [2] Sorokin V.G. An Option of the Configuration and Structural Scheme of the Base Unit of the Stand-Alone Humanoid Space Robot // *Manned Space Flights*. – 2017. – No 1 (22). – pp. 68–64.
- [3] Julia Badger, Dustin Gooding, Kody Ensley, Kimberly Hambuchen, Allison Thackston. A Case Study on Robonaut 2 // *ROS in Space. The Complete Reference (Volume 1)*. P. 343-373. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26054-9>.
- [4] A Schiele, T Kruger, S Kimmer, M Aiple, J Rebelo, J Smisek, E den Exter, E Mattheson, A Henandez, and F van der Hulst. Haptics-2 – A System for Bilateral Control Experiments from Space to Ground Via Geosynchronous Satellites. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pages 892–897. IEEE, 2016.
- [5] Bamfaste S. Development of a Software Layer for the Integration of Robotic Elements into the METERON Infrastructure using Robotic Services, Master Thesis, Luleå University of Technology, 2016.
- [6] Mishkin A., Lee Y., Korth D., Blanc T. Le. Human - Robotic Missions to the Moon and Mars: Operations Design Implications. *IEEE Aerospace Conference*, 2007.
- [7] Bualat M., Carey W., Fong T., et al. Preparing for Crew-Control of Surface Robots from Orbit . *IAA Space Exploration Conference*, 2014. Lastly accessed 09.07.2015. URL: http://www.ri.cmu.edu/pub_files/iaa14-bualat-et-al.pdf.
- [8] Birkenkamp P., Leidner D., Lii N.Y. Ubiquitous User Interface Design for Space Robotic Operation / 14th Symposium on Advanced Space Technologies in Robotics and Automation (ASTRA).
- [9] Basis of Structural Scheme Selection of Space Application Robots / Zhidenko I.G., Kutlubaev I.M., Bogdanov A.A., Sychkov V.B. // *Reshetnev Readings – Vol. 1. – No 17. – pp. 278–280*.
- [10] A General-purpose System for Teleoperation of the DRC-HUBO Humanoid Robot / M. Zucker, S. Joo, M. X. Grey, C. Rasmussen, E. Huang, M. Stilman, A. Bobick *Journal of Field Robotics*, vol. 32, No. 3, 2015, pp. 336–351.

Bogdanov Aleksey Anatolyevich – Design Manager, OJSC Scientific Production Association “Android Techniques”.

E-mail: info@rusandroid.com

Kutlubaev Ildar Mukhametovich – Doctor of Technical Sciences, Leading research advisor, OJSC Scientific Production Association “Android Techniques”.

E-mail: info@rusandroid.com

Permyakov A.F. – Executive General Manager, OJSC Scientific Production Association “Android Techniques”.

E-mail: info@rusandroid.com

УДК 629.78:004:62(091)

ВИРТУАЛЬНОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛЬНЫХ ПКК В ИНТЕРЕСАХ ИСТОРИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СОХРАНЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТАХ

Ю.М. Батулин, Б.И. Крючков, А.В. Леонов

Аннотация. Статья посвящена оцениванию возможностей создания виртуальных 3D-моделей уникальных пилотируемых космических комплексов в реальных условиях космического полета в интересах их историко-технических и историко-научных исследований, а также популяризации пилотируемой космонавтики. Анализируется опыт использования трехмерной графики в пилотируемой космонавтике, используемый аппаратный состав и методические приемы. Рассматривается имеющийся и потенциальный состав различного инструментария, необходимого для осуществления 3D -моделирования крупномасштабных пилотируемых космических объектов в космосе на

основе опыта создания трехмерных графических моделей крупномасштабных научно-технических объектов на Земле. Сформулированы основные предложения по сканированию Международной космической станции в рамках космического эксперимента для создания ее виртуальной 3D-модели.

Ключевые слова: 3D-моделирование, пилотируемый космический комплекс, космонавт, астронавт, экипаж, трехмерная графика, съемка в космосе, история науки и техники, лазерное сканирование, виртуальное моделирование, фотограмметрические методы, 3D-модели лунной базы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Леонов А.В. Виртуальное 3D моделирование в истории науки и техники. Докторская диссертация, ИИЕТ РАН – 2018. – 319 с.
- [2] Сердечнов А. Как снимался 3D-фильм об МКС. Популярная механика, апрель 2014.
- [3] Sabbatini M., Visentin G, Collon M., Ranebo H., Sunderland D., Fortezza R. Стереокамеры на Международной космической станции. SPIE 64901P, Сан-Хосе, Калифорния, США, ISSN 0277-786X, 2007. – 2018. – 1-6 с.
- [4] <http://spacegid.com/pryamaya-onlayn-translyatsiya-s-mks.html#i>
- [5] <https://sketchfab.com/models/bd6ac084ae5645848a67597b17665579?ref=related>
- [6] <https://sketchfab.com/models/6dfff011b8df4b0891366aab8b6b0349?ref=related>
- [7] Бородкин Л.И., Жеребятьев Д.И. Технологии 3D-моделирования в исторических исследованиях: от визуализации к аналитике // Историческая информатика. – 2012. – № 2. – С. 49–63.
- [8] Леонов А. В. Применение 3D-технологий в истории науки и техники. 3D-модель как историко-технический источник. В сб.: Междисциплинарные методы в изучении истории науки и техники: Материалы науч. конф., Москва, 27 мая 2015 г. / Отв. ред. Ю. М. Батурин. – М.: ИИЕТ РАН, 2015. – С. 42–45.
- [9] Михайлюк М. В., Торгашев М. А. Моделирование и распределенная стерео визуализация Международной космической станции в режиме реального времени // XVIII годовичная научная конференция, посвященная 80-летию ИИЕТ РАН: Москва, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 17–19 апреля 2012 г.: Труды конференции, Т. II. – М.: Янус-К, 2012. – С. 859-860.
- [10] Рысь И. В., Леонов А. В. Методы виртуальной реконструкции памятников техники: мировой опыт. В сб.: Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова. Годичная научная конференция (2016) / Отв. ред. Р.В. Артеменко. – М.: ИИЕТ РАН, 2016. – С. 720-721.
- [11] Рысь И. В., Карташев М. О., Леонов А. В. Виртуальная реконструкция электромобиля Columbia (1901): методика 3D-моделирования и первые результаты. В сб.: Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2015, Т.1 / Отв. ред. Ю. М. Батурин. – М.: ИИЕТ РАН, 2015. – С. 434-439.
- [12] Kryuchkov, B. I., Usov, V. M., Chertopolokhov, V. A., Ronzhin, A. L., and Karpov, A. A. Simulation of the «cosmonaut-robot» system interaction on the lunar surface based on methods of machine vision and computer graphics // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W4 (2nd International ISPRS Workshop on PSBB, 15–17 May 2017). – 2017. – pp. 129-133. – DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W4-129-2017.
- [13] Технические рекомендации по созданию виртуальных музеев. М.: Министерство культуры РФ, 2014. <https://www.mkrf.ru/documents/po-sozdaniyu-virtualnykh-muzeev-250714/>
- [14] Алтунин А.А., Верба Д.И., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Онуфриенко Ю.И. / Некоторые вопросы совершенствования внекорабельной деятельности / Пилотируемые полеты в космос, № 2 (27), 2018. – С. 64–80.
- [15] Афанасьев В.О., Байгозин Д.А., Батурин Ю.М. и др. / Системы визуализации и виртуального окружения в задачах исследования космоса: настоящее и будущее. В кн. «Космонавтика XXI века». – М.: Издательство «РТСофт», 2010. – С. 185–256.
- [16] Крючков Б.И. Техническое обслуживание и ремонт в космосе. НИИ ЦПК, 2010. – 257 с.
- [17] <https://www.ferra.ru/ru/digipfoto/review/how-to-shoot-in-the-space/>
- [18] <https://www.geocam.ru/online/iss/>
- [19] Шукшунов В.Е., Шукшунов И.В., Фоменко В.В., Крючков Б.И. и др. Учебный тренажерно-моделирующий комплекс для подготовки экипажей космонавтов к проведению научных исследований на борту МКС /Патент на изобретение/.RU 2617 433 С2/ МПК G09B 9/52.Дата публикации заявки 15.03.2017 Бюл. № 8.
- [20] <http://www.geometer-center.ru/kontakty>;
http://leica.geometer-center.ru/catalog/HDS_Systems/p20#tabs-1
- [21] Луманн Т., Робсон С., Кайл С., Бом Я. Ближняя фотограмметрия и 3D-зрение. Пер. с англ. URSS. 2018. – 704 с.
- [22] РС МКС. Справочник пользователя. РКК «Энергия» имени С.П.Королева. 191 с.

<http://knts.tsniimash.ru>

[23] <http://eea.spaceflight.esa.int/portal/exp/?id=9150>

Батурин Юрий Михайлович – Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации, чл.-корр. РАН, докт. юридических наук, профессор, начальник отдела, Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова Российской академии наук.

Электронная почта:

Крючков Борис Иванович – докт. техн. наук, главный научный сотрудник, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Электронная почта: V.Kryuchkov@gctc.ru

Леонов А.В. – докт. техн. наук, Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова Российской академии наук.

Электронная почта:

Virtual 3D-Simulation of Real Manned Space Complexes in the Interests of Historical and Technical Studies and Saving Scientific and Technical Information About Objects. Yu.M. Baturin, B.I. Kryuchkov, A.V. Leonov

Abstract. The paper evaluates the feasibility of creating 3D-models of unique manned space complexes in real conditions of a space flight for carrying out historical-technical and historical-scientific studies and also for popularizing manned space exploration. The experience in applying three-dimensional graphics in manned space exploration as well as the content of hardware used and methodical techniques are analyzed. Available and potentially feasible content of instruments required for implementing 3D-simulation of large-scale manned objects in space on the basis of the experience in creating three-dimensional graphic models of large-scale scientific and technical objects on the earth are considered. Main proposals for scanning the International Space Station within the space experiment framework for creating its virtual 3D-model are put forward.

Keywords: 3D-simulation, manned space complex, cosmonaut, astronaut, crew, 3D-graphics, filming in space, history of science and technology, laser scanning, virtual simulation, photogrammetric methods, 3D-models of a lunar base.

REFERENCES

- [1] Leonov A.V. Virtual 3D Modeling in the History of Science and Technology. Doctoral Dissertation, IHSTS RAS Publ. – 2018. – 319 p.
- [2] Serdechnov A. How the 3D Film about the ISS Was Created. *Populyarnaya Mekhanika*, April 2014.
- [3] Sabbatini M., Visentin G, Collon M., Ranebo H., Sunderland D., Fortezza R. Stereo Cameras on the International Space Station. SPIE 64901P, San Jose, California, USA, ISSN 0277-786X, 2007. – 2018. – 1–6 p.
- [4] <http://spacegid.com/pryamaya-onlayn-translyatsiya-s-mks.html#i>
- [5] <https://sketchfab.com/models/bd6ac084ae5645848a67597b17665579?ref=related>
- [6] <https://sketchfab.com/models/6dfff011b8df4b0891366aab8b6b0349?ref=related>
- [7] Borodkin L.I., Zherybyatye D.I. 3D Modeling in Historical Research: from Visualization to Analytics // *Istoricheskaya Informatika*. – 2012. – No 2. – pp. 49–63.
- [8] Leonov A.V. Application of 3D Technologies in the History of Science and Technology. 3D-model as a Historical and Technical Source. Coll.: *Interdisciplinary Methods in the History of Science and Technology: Proceedings of Scientific Conference, Moscow, May 27, 2015.* / Executive Editor Yu.M. Baturin. – Moscow: IHSTS RAS Publ., 2015. – pp. 42–45.
- [9] Mikhailyuk M.V., Torgashev M.A. Modeling and Distributed Real-Time Stereo Visualization of the ISS // *The XVIII Annual Scientific Conference Dedicated to the 80th Anniversary of the IHSTS RAS: Moscow, S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Science, April 17–19, 2012: Proceedings of the Conference, Vol. II.* – Moscow: Yanus-K, 2012. – pp. 859–860.
- [10] Rys I.V., Leonov A.V. Methods of Virtual Reconstruction of Technical Monuments: World Experience. Coll.: *S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology. Annual Scientific Conference (2016) / Executive Editor R.V. Artyomenko.* – Moscow: IHSTS RAS Publ.,

2016. – pp. 720-721.
- [11] Rys I.V., Kartashev M.O., Leonov A.V. Virtual Reconstruction of Electric Vehicle Columbia (1901): 3D-modeling Technique and First Results. Coll.: S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology. Annual Scientific Conference, 2015, Vol.1 / Executive Editor Yu.M. Baturin. – Moscow: IHSTS RAS Publ., 2015. – pp. 434–439.
- [12] Kryuchkov, B.I., Usov, V.M., Chertopolokhov, V.A., Ronzhin, A.L., and Karpov, A.A. Simulation of the «Cosmonaut-Robot» System Interaction on the Lunar Surface Based on Methods of Machine Vision and Computer Graphics // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W4 (2nd International ISPRS Workshop on PSBB, 15–17 May 2017). – 2017. – pp. 129-133. – DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W4-129-2017.
- [13] Technical Recommendations for Creation of Virtual Museums. Moscow: The Ministry of Culture of the Russian Federation, 2014. <https://www.mkrf.ru/documents/po-sozdaniyu-virtualnykh-muzeev-250714/>
- [14] Altunin A.A., Verba D.I., Dolgov P.P., Irodov E.Yu., Korenna V.S., Onufrienko Yu.I. / Some Issues of Improving Extravehicular Activity of Cosmonauts // Manned Space Flight, No 2(27), 2018. – pp. 64–80.
- [15] Afanasyev V.O., Baigozin D.A., Baturin Yu.M., and others / Visualization and Virtual Environment Systems in Space Exploration: the Present and the Future. Book. “Cosmonautics of the XXI century”. – Moscow: “RTSoft” Publ. 2010. – pp. 185–256.
- [16] Kryuchkov B.I. Maintenance and Repair in Space. GCTC Publ., 2010. – 257 p.
- [17] <https://www.ferra.ru/ru/digiphoto/review/how-to-shoot-in-the-space/>
- [18] <https://www.geocam.ru/online/iss/>
- [19] Shukshunov V.E., Shukshunov I.V. Fomenko V.V., Kryuchkov B.I. and others. Educational Simulator Complex for Training Cosmonauts to Carry out Scientific Studies aboard the ISS / Patents of Invention/RU 2617 433 C2/ МПК G09B 9/52. Issue Date of the Application: 15.03.2017 Bulletin №8.
- [20] <http://www.geometer-center.ru/kontakty;>
http://leica.geometer-center.ru/catalog/HDS_Systems/p20#tabs-1
- [21] Luhmann Thomas, Robson Stuart, Kyle Stephen, Boehm, Jan. Close-Range Photogrammetry and 3D-Imaging. Translation from Engl. URSS. 2018. – 704 p.
- [22] ISS RS. User’s Reference. 191 p. <http://knts.tsnimash.ru>
- [23] <http://eea.spaceflight.esa.int/portal/exp/?id=9150>

Baturin Yury Mikhailovich – Hero of the Russian Federation, pilot-cosmonaut of the Russian Federation, corresponding member of RAS, Doctor of Law, Professor, division head, Institute for the History of Science and Technology named after S.I. Vavilov of the Russian Academy of Sciences

E-mail: yubat@mail.ru

Kryuchkov Boris Ivanovich – Doctor of Technical Science, Chief researcher, FSBO “Gagarin R&T CTC”.

E-mail: B.Kryuchkov@gctc.ru

Leonov A.V. – Doctor of Technical Science, S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences

E-mail:

УДК 629.78

ГИРД – КАК ИСТОРИЧЕСКОЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ НАЧАЛО ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ.

А.П. Александров

Аннотация. В статье на фоне развития мировой космонавтики дается историческая ретроспектива первых работ, связанных с развитием ракетостроения в СССР. Кратко оценивается вклад отечественных специалистов, положивших начало работам по ракетной технике в московской группе по изучению реактивного движения (ГИРД). Рассматриваются вопросы организации пионерских работ в ГИРДе. Обращается внимание на необходимость сохранения научного наследия ГИРДа.

Ключевые слова: ракеты, ракетостроение, реактивные двигатели,

космонавтика, культурное наследие.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Королёва Н.С. Отец. – Кн. 1. – М.: Наука, 2001.
- [2] Глушко В.П. Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР. – М.: Машиностроение, 1987.
- [3] Штурм стратосферы: подборка материалов // Техника. – 1932 от 9 сентября.
- [4] Из истории астронавтики и ракетной техники. Материалы XVIII Международного конгресса. Белград, 25–29 сентября 1967 г. – М.: Наука, 1970.
- [5] ЦГАОР СССР. Ф. 8355, оп..д, 4 (Цит. По(23)).
- [6] Голованов Я.К. Королёв: факты и мифы. – Т. 1. – «Русские витязи», 2007.

Александров Александр Павлович – летчик-космонавт СССР, канд. техн. наук, ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева».

Электронная почта: POST@rsce.ru

Group on Propulsion Research (GPR) – as a Historical Scientific and Practical Initial Point of National Rocketry. A.P. Aleksandrov

Abstract. The paper on the background of world cosmonautics evolution gives a historical retrospective of first works related to development of rocketry in the USSR. It evaluates briefly the contribution to science made by national specialists who started working on rocket technology in GPR, Moscow. It describes issues of organization of pioneer works in GPR, and draws attention to the necessity for preserving its scientific heritage.

Keywords: rockets, rocketry, propulsion, cosmonautics, cultural heritage.

REFERENCES

- [1] Korolyova N.S. My Father. – Book 1. – Moscow: Nauka Publ., 2001.
- [2] Glushko V.P. Development of Rocketry and Cosmonautics in the USSR. – Moscow: Mashinostroenie Publ., 1987.
- [3] Stratospheric Storm: Collection of Articles // Tekhnika Publ. – September 9, 1932.
- [4] History of Astronautics and Rocket Technology. Proceedings of the XVIII International Congress. Belgrade, September 25–29, 1967. – Moscow: Nauka Publ., 1970.
- [5] TsGAOR the USSR. F. 8355, inventory4 (Quot. Po(23)).
- [6] Golovanov Ya.K. Korolyov: Facts and Myths. – Vol. 1. – Russkiye Vityazi Publ., 2007.

Aleksandrov Aleksandr Pavlovich – Pilot-Cosmonaut of the USSR, Ph.D. in Engineering Science, S.P. Korolev RSC “Energia”.

E-mail: POST@rsce.ru