

УДК 332.12

С.Г. Емельянов, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: esg@swsu.ru)

Т.С. Колмыкова, д-р экон. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: t_kolmykova@mail.ru)

О.Г. Артемьев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: t_kolmykova@mail.ru)

С.Н. Самбуров, гл. специалист, ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева (Королев, Московская обл., Россия) (e-mail: rv3dr@mail.ru)

РАЗВИТИЕ УНИВЕРСИТЕТА ИННОВАЦИОННОГО ТИПА НА ПРИМЕРЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ПО РАЗРАБОТКЕ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Направления инновационного развития национальной экономики, заложенные в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации, в современных условиях, усложненных геополитическими вызовами и угрозами, особенно актуальны. Россия должна активно искать новые возможности укрепления своих конкурентоспособных позиций в мировой экономике. Космонавтика в этой целевой установке является наиболее значимым и перспективным направлением поиска инновационных решений. Традиционно космическая техника, создаваемая в России, особенно для пилотируемых полетов в космос, имела уникальные конкурентные преимущества. Однако события последнего десятилетия связаны с приходом в мировую космонавтику новых предприятий аэрокосмической индустрии, в частности, из Индии, Китая и США, которые ставят под угрозу лидерские позиции национальной экономики в этой отрасли.

В этой связи развитие новых направлений в космической отрасли, например таких, как разработка и запуск малых космических аппаратов, становится интересным сегментом как с позиции новых технико-технологических решений, так и с точки зрения реализации возможностей коммерциализации инновации с не очень высокими затратами.

Отдельный интерес представляет данное направление, поскольку имеет удачные примеры практической адаптации теории тройной спирали по взаимодействию государства, науки и бизнеса. Такой пример представляет собой Юго-Западный государственный университет, имеющий положительный опыт многолетнего сотрудничества с профильными предприятиями Роскосмоса, по разработке и созданию малых космических аппаратов. Подобный опыт уникален не только для России, но и мировой космонавтики. С экономической точки зрения, такая интеграция позволяет наглядно исследовать возможности сетевого взаимодействия власти, бизнеса, образования и науки, а также предложить мероприятия по масштабированию этого опыта.

Ключевые слова: инновации, управление инновациями, инновационное развитие, университет инновационного типа, малые космические аппараты.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-4-101-108

Ссылка для цитирования: Развитие университета инновационного типа на примере реализации проекта по разработке малых космических аппаратов / С.Г. Емельянов, Т.С. Колмыкова, О.Г. Артемьев, С.Н. Самбуров // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 4(73). С. 101-108.

Специалисты отмечают, что создание и запуск малых космических аппаратов – важный вектор развития мировой и отечественной космонавтики [3, 6, 8, 9, 15]. Поскольку современные космические изделия являются дорогостоящими и сложными техническими устройствами, то приветствуются любые возможности, связанные с сокращением затратоемкости при сохранении необходимого уровня надежности, качества и срока эксплуата-

ции, а также удешевлением вывода аппаратов на заданную орбиту. На решение данной задачи направлена разработка маломассогабаритных (малых) космических аппаратов.

Принята следующая классификация МКА: мини-спутники массой до 100-500 кг, микро-спутники 10-100 кг, нано-спутники 1-10 кг, пико-спутники 0,1-1 кг, фемто-спутники – менее 100 г.

Малые космические аппараты (МКА) представляют собой пионерное направление космической деятельности, имеющее широкий горизонт применения. Анализ современных источников информации [1, 2, 7] позволил сделать вывод, что связано это со следующими обстоятельствами:

- массовым спросом на космические технологии и услуги (Интернет, связь, навигация, метеорология, дистанционное зондирование Земли, проведение космических экспериментов в открытом космосе);

- колоссальными результатами в миниатюризации электронных устройств, микропроцессоров, сенсоров, фото- и видеокамер, их высокой производительностью и качеством получаемых результатов;

- успехами в создании легких конструкций, новых материалов и сплавов;

- высокой конкуренцией производителей космической техники и технологий, входом в мировую космическую отрасль новых участников;

- ростом эффективности, в том числе экономической, использования орбитальных группировок космических аппаратов.

В последнее десятилетие использование подобных малогабаритных аппаратов активно практикуется ведущими отраслевыми организациями и университетами по всему миру. Так, с борта Международной космической станции (МКС) 19 декабря 2016 г. осуществлен запуск двух японских экспериментальных спутников STARS-C (Space Tethered Autonomous Robotic Satellite). Космические аппараты созданы специалистами Университета Кагавы. Масса каждого спутника 2,7 кг. Они были доставлены на борт МКС японским грузовым кораблем “Конотори-6”.

Рекордная партия из 17 наноспутников была запущена 25-26 мая 2017 г. с борта МКС (модуль Kibo). Среди них:

- австралийский спутник UNSW-ECO был изготовлен специалистами Университета Нового Южного Уэллса. Предназначен для отработки новых тех-

нологий и изучения земной атмосферы. Масса 2 кг;

- китайский спутник NJUST создан в Нанкинском университете. Также предназначен для отработки новых технологий и изучения земной атмосферы. Масса 2 кг;

- для отработки новых технологий и изучения земной атмосферы предназначен и американский спутник QBUS-1. Его создали в Колорадском университете. Масса 2 кг;

- греческий технологический спутник DUTHSat создан в лаборатории космических исследований Университета Демокрита. Масса 2 кг;

- китайский спутник LilacSat предназначен для образовательных целей и для использования радиолюбителями. Его масса 2 кг;

- южноафриканский спутник nSIGHT-1 создан специалистами компании SCS-Space. Предназначен для наблюдения земной атмосферы и в целях ДЗЗ. Масса 2 кг;

- испанский спутник QBITO предназначен для отработки технологий и изучения земной атмосферы. Создан в Мадридском политехническом университете. Масса 2 кг;

- финский спутник Aalto-2 также предназначен для отработки технологий и изучения атмосферы. Создан в Университете Аалто. Масса 2 кг;

- австралийский спутник SUSat, созданный в Университете Аделаиды. Масса 2 кг;

- южнокорейский спутник SNUSAT-1b создан в Национальном университете Сеула. Его задачей является отработка технологий и изучение земной атмосферы. Масса 2 кг;

- австралийский спутник i-INSPIRE-2 также предназначен для отработки технологий и изучения атмосферы. Создан в Сиднейском университете. Масса 2 кг;

- спутник PolyTAN-2-SAU создан специалистами Национального техниче-

ского университета Украины. Предназначен для отработки новых технологий. Масса 1 кг;

- южнокорейский спутник SNUSAT-1 аналогичен спутнику SNUSAT-1b;

- канадский исследовательский спутник ExAlta-1 создан в Университете Альберты. Масса 4 кг;

- китайский спутник Aoxiang-1 создан в Политехническом университете Северо-западного Китая. Предназначен для отработки новых технологий и образовательных задач, а также для использования радиолюбителями. Масса 2 кг;

- турецкий исследовательский спутник BeEagleSat создан специалистами Стамбульского технического университета и Академии ВВС Турции. Масса 2 кг;

- американский исследовательский спутник QBUS-2 создан в Университете Мичигана. Масса аппарата 2 кг.

Благодаря успешному функционированию МКА на орбите, в настоящее время решается широкий спектр социально-экономических, научно-исследовательских и оборонных задач по дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ); навигации; отработке технологий связи, телевидения, телекоммуникации и проч. (рис.)

Проведенное исследование, позволило выявить следующие перспективные направления для использования малых космических аппаратов:

- выполнение частных задач по наблюдению за определенными районами Земли в ограниченный период времени;

- проведение астрономических исследований;

- отработка новых технологий по созданию космических аппаратов;

- создание орбитальных группировок из взаимодействующих МКА.

Следует признать, что эксперименты с использованием МКА не могут полностью заменить большие специализированные научные лаборатории. Однако неоспоримы преимущества, благодаря которым МКА будут занимать весомую долю сегмента космических аппаратов.

Назначение МКА

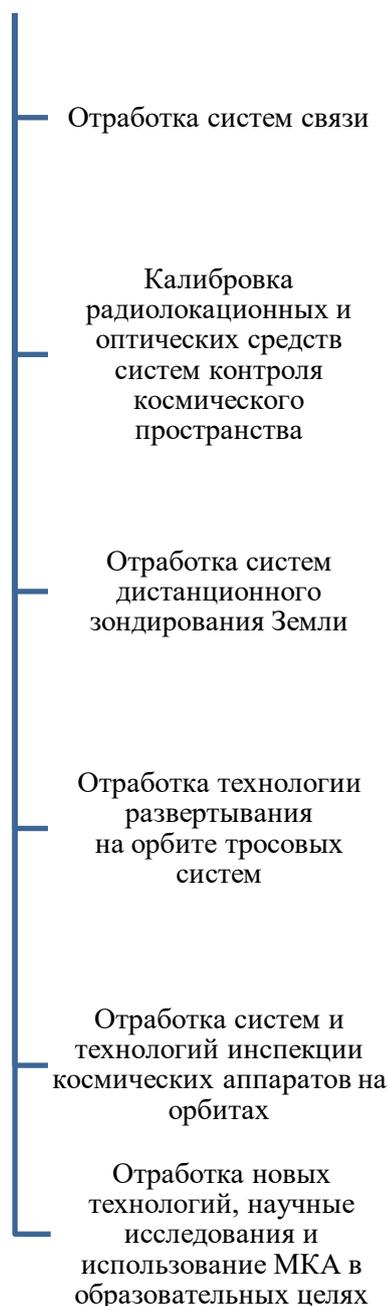


Рис. Назначение малых космических аппаратов

Мы выделим следующие:

- в создании МКА применяются унифицированные спутниковые платформы, которые разработчики способны

достаточно быстро и с небольшими затратами адаптировать к требованиям конкретного эксперимента;

– вывод на орбиту может осуществляться групповым пуском нескольких МКА или попутным грузом с большим космическим аппаратом специального назначения, что значительно расширяет возможности применения МКА и уменьшает стоимость их пуска;

– МКА лучше адаптируются к требованиям эксперимента в части условий наблюдения;

– применяется доступная элементная база;

– сокращенные сроки создания;

– небольшие габариты;

– относительно невысокая стоимость;

– отработка новых инженерных и технологических решений при проведении научных экспериментов.

В результате у исследователей космоса появляется возможность проведения научных исследований с затратами, которые в десятки раз меньше, чем с использованием больших космических аппаратов, а также со значительным сокращением сроков по созданию и запуску техники.

В частности, примером подобной унифицированной платформы служит CubeSat. Проект создания наноспутников CubeSat принадлежит профессору Стэнфордского университета Бобу Твиггсу (Bob Twiggs). Проект CubeSat был принят в 1999 г. Университетским симпозиумом космических систем. Решено изготовить и запустить порядка 20 нанокубсатов на основе единой базовой платформы, представляющей собой куб с гранями 10x10x10 см.

Цель проекта заключалась в предоставлении студентам и аспирантам возможности работы над современными космическими аппаратами (КА), привлечению молодежи к разработке новых космических технологий, проектированию систем перспективных КА, расши-

рению международного межвузовского сотрудничества.

Примером университета предпринимательского типа является Юго-Западный государственный университет. ЮЗГУ заявил о себе как об активном провайдере реализации молодежных научно-образовательных программ в области космоса. Университет является участником Программы Роскосмоса по реализации научно-прикладных исследований на Российском сегменте Международной космической станции.

ЮЗГУ принимает участие в двух космических экспериментах (КЭ) «О Гагарине из космоса» и «Радиоскаф». С 2016 года ЮЗГУ совместно с Ракетно-космической корпорацией «Энергия» им. С.П. Королева в рамках КЭ «Радиоскаф» реализует проект по созданию Автономной интеллектуальной группировки малых космических аппаратов (МКА).

Впервые создана и запущена 17 августа 2017 г. в открытый космос автономная интеллектуальная группировка малых космических аппаратов, созданная в научно-образовательных целях студентами и молодыми учеными.

На первом этапе в состав автономной интеллектуальной группировки вошли два спутника: «Танюша-ЮЗГУ-1» с позывным «RS6S» и «Танюша-ЮЗГУ-2» с позывным «RS7S». Корпус спутников соответствует форм-фактору 3U (30x10x10 см). Снаряжённая масса - 4650 г.

Спутники созданы и запущены в открытый космос в знаменательный год – год празднования 60-летия космической эры и 160-летия со дня рождения основоположника космонавтики Константина Эдуардовича Циолковского. В честь этих событий аппараты транслируют на Землю голосовое приветствие на четырёх языках: русском, английском, испанском, китайском.

Уникальность автономной интеллектуальной группировки МКА в том, что но-

вые научные и технические решения позволят обеспечить самоорганизацию спутников и их взаимодействие для реализации экспериментов в открытом космосе.

С использованием группировки проводятся три эксперимента.

Первый и основной – по достижению автономной самоорганизации аппаратов, что позволит оценить возможность включения в группировку большего числа спутников. В дальнейшем будет решена задача по обеспечению распределенного приема радиосигнала.

Второй эксперимент заключается в измерении плотности вакуума с использованием уникального вакуумметра, разработанного в ЮЗГУ специально для проведения данного эксперимента. Измеритель вакуума регистрирует нейтральные и заряженные частицы в безвоздушном пространстве путём измерения силы тока между электродами датчика. Основное применение – актуализация зон плотности вакуума для построения математических моделей расчёта баллистики небесных тел. Таким образом, применение вакуумметра позволит актуализировать параметры для расчета баллистики спутников и оптимизировать математическую модель траектории их движения.

В-третьих. Спутники имеют пассивную систему ориентирования – инерциальную навигационную систему, созданную на микромеханических сенсорах-гироскопах. Данная система отслеживает углы поворота в трёх осях: рысканья, вращения и тангажа. Для стабилизации в конструкции спутника установлен баллистический щиток овальной формы, который позволил аппроксимировать траекторию движения и время нахождения на орбите ещё на этапе разработки.

Важным аспектом популяризации МКА является тот факт, что привлечение студентов и аспирантов аэрокосмических специальностей к конструированию и изготовлению аппаратов позволяет им при-

обрести профессиональные навыки и опыт по работе с изделиями космической техники еще на стадии обучения.

Рассмотренный практический опыт Юго-Западного государственного университета представляет собой уникальную для России и наглядную реализацию теории тройной спирали «государство – университет – высокотехнологичное производство». Космос, как высокотехнологичный комплекс, является наиболее интегрированным в сетевое взаимодействие власти, бизнеса, образования и науки [4, 5, 12, 13]. Он обладает максимальной степенью концентрации человеческого капитала, воплощающегося в научные результаты, знание, опыт, использует передовые производственные технологии и получает колоссальную поддержку со стороны государственного сектора.

Современное поколение ученых является свидетелем коэволюции, в процессе которой все элементы тройной спирали агрегируют свои функции, превращаясь в гибридные сетевые организации. Таким образом, все функции реализуются интерактивно, в организационном формате тройной спирали [10, 11, 14]. Зоны пересечения функциональных областей участников становятся центрами генерирования инноваций и новых организационных форматов. Опытным путем на примере многолетней деятельности Юго-Западного государственного университета в кооперации с профильными предприятиями аэрокосмической индустрии доказано, что подобная модель такой спирали начинает формироваться на уровне отдельных проектов высокотехнологичных производств, а затем может быть масштабирована как матрица в рамках всего высокотехнологичного сектора и экономики в целом.

Список литературы

1. Алпеева Е.А., Рябцева И.Ф. Прогресс и инновации: анализ системной

взаимообусловленности // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 18. С. 37-41.

2. Емельянов С.Г., Кабанов В.А., Колмыкова Т.С. Инновации в решении проблем формирования новых воспроизводственных контуров национальной экономики // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2011. № 121. С. 45-49.

3. Управление развитием высокотехнологичных секторов в формировании воспроизводственных контуров инновационной экономики: монография / С.Г. Емельянов, Е.В. Харченко, Л.В. Широкова [и др.]. Курск, 2013.

4. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М. Оценка инвестиционной привлекательности модернизации промышленных предприятий: взгляд с позиции теории поведенческих финансов // Вестник Академии. 2013. № 1. С. 58-63.

5. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М. Управление модернизационными процессами в высокотехнологичных отраслях в условиях реиндустриализации экономики // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 2 (44). С. 114-122.

6. Колмыкова Т.С., Мерзлякова Е.А. Государственные программы модернизации национального промышленного комплекса: направления и перспективы // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2013. № 4. С. 22-29.

7. Инновационный подход к проблеме вывода на орбиту функционирования малых и сверхмалых космических аппаратов попутным грузом / В.И. Костенко, В.И. Майорова, Н.Н. Игнатьев, В.В. Полярников // Научные эксперименты на малых космических аппаратах: труды науч-

но-технического семинара (Таруса 23–25 мая 2012 г.). М., 2013. С. 162-170.

8. Кузык Б.Н. Высокотехнологичный комплекс в экономике России: прошлое, настоящее, будущее. М.: Буки, 2004. 409 с.

9. Самбуров С.Н. Использование международной космической станции в интересах популяризации космических исследований и образования // Пилотируемые полеты в космос. 2015. № 1 (14). С. 92-102.

10. Сироткина Н.В., Анисимов Ю. П. Индикативное управление инновационной средой современного бизнеса: монография. Воронеж, 2008.

11. Ситникова Э.В., Сергеев П.В. Повышение инвестиционной привлекательности региона в решении проблем его устойчивого сбалансированного развития // Регион: системы, экономика, управление. 2013. № 4. С. 145-152.

12. Финансовые аспекты инвестиционно-инновационного развития: монография / В.В. Алексеева, О.В. Беляева, О.Г. Ларина, Е.А. Мерзлякова, И.В. Мильгунова [и др.]. Курск, 2014. 240 с.

13. Харченко Е.В. Системная трансформация хозяйства: переход к инновационному укладу развития региональной экономики // Инновационный Вестник Регион. 2009. № 1. С. 34-40.

14. Kolmykova T. Lukianykhina O., Baistriuchenko N., Lykianykhin V. International integration in innovative development of economy. *Problems and Perspectives in Management*, 2015, no. 4.

15. Mayorova V.I. Samburov S.N., Zhdanovich O.V., Strashinsky V.A. Utilization of the international space station for education and popularization of space research. *Acta Astronautica*, 2014, vol. 98, no. 1, pp. 147-154.

Поступила в редакцию 24.06.17

UDC 332.12

S.G. Yemelyanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: esg@swsu.ru)

T.S. Kolmykova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: t_kolmykova@mail.ru)

P.G. Artemev, Postgraduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: t_kolmykova@mail.ru)

S.N. Samburov, Chief Specialist, RSC Energia (Korolev, Moscow Region, Russia) (e-mail: rv3dr@mail.ru)

IMPLEMENTATION OF A SMALL SPACE VEHICLE DEVELOPMENT PROJECT AS AN ILLUSTRATION OF THE INNOVATIVE UNIVERSITY EVOLUTION

Innovative development of the national economy, that has been declared in the Conception of long-term social and economic development of the Russian Federation, has become especially important in the modern situation characterized by geopolitical challenges and threats. Russia is looking for new possibilities to strengthen its competitive position in the global economy. One of the most promising innovative development areas is space science and technologies. Space technologies of manned flights developed in Russia have always been exceptionally competitive. However, in the last decade the onset of new aerospace industries in such countries as China, India or the USA has jeopardized the Russian Federation position of the world leader in this field.

In this context such new trends in space technologies as the design, manufacture and launching of small-size space vehicles may be interesting both in terms of advanced engineering and technological solutions and in terms of commercial application of innovative low-cost space products.

There are already several very positive practical examples of this engineering field development that involves the adoption of the so-called three-spiral theory describing the interaction between the state, science and business. One of such examples is the Southwest State University that has accumulated an extensive experience of long-time cooperation with Roscosmos (Russian Space Agency) core engineering businesses in the area of small space vehicle design and manufacture. This is a unique experience that has no parallels in Russia or abroad. In terms of economics such integration presents a good object for the investigation of system interaction between national authorities, businesses, educational and scientific institutions. It also makes a sound basis for the successful dissemination of the know-how.

Key words: innovations, innovation management, innovative development, university of innovative type, small space vehicles.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-4-101-108

For citation: Yemelyanov S.G., Kolmykova T.S., Artemev P.G., Samburov S.N. Implementation of a Small Space Vehicle Development Project as an Illustration of the Innovative University Evolution. Proceeding of Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 4(73), pp. 101-108 (in Russ.).

Reference

1. Alpeeva E.A., Ryabtseva I.F. [Progress and Innovations: Analysis of Systemic Interdependence] Progress i innovacii: analiz sistemnoj vzaimoobuslovlennosti. *Economic analysis: theory and practice*, 2012, no. 18, pp. 37-41.

2. Emelyanov S.G., Kabanov V.A., Kolmykova T.S. [Innovations in solving the problems of the formation of new reproductive contours of the national economy] Innovacii v reshenii problem formirovaniya novyh vosproizvodstvennykh konturov nacional'noj jekonomiki. *Scientific and tech-*

nical statements of SPbPU. Natural and engineering sciences, 2011, no. 121, pp. 45-49.

3. Emelyanov S.G., Kharchenko E.V., Shirokov L.V. [and others] [Management of the development of high-tech sectors in the formation of reproductive contours of the innovation economy] Upravlenie razvitiem vysokotekhnologichnykh sektorov v formirovanii vosproizvodstvennykh konturov innovacionnoj jekonomiki. Kursk, 2013.

4. Kovalchuk Yu.A., Stepnov I.M. [Evaluation of the investment attractiveness of industrial enterprises modernization: a view from the position of the theory of behavioral finance] Ocenka investicionnoj pri-

vlekatel'nosti modernizacii promyshlennyh predpriyatij: vzgljad s pozicii teorii povedencheskih finansov. *Bulletin of the Academy*, 2013, no. 1, pp. 58-63.

5. Kovalchuk Yu.A., Stepnov I.M. [Management of modernization processes in high-tech industries in the context of economic reindustrialization] *Upravlenie modernizacionnymi processami v vysokotekhnologichnyh otrasljah v uslovijah reindustrializacii jekonomiki. Bulletin of the Ryazan State Radio Engineering University*, 2013, no. 2 (44), pp. 114-122.

6. Kolmykova T.S., Merzlyakova E.A. [State programs for the modernization of the national industrial complex: directions and prospects] *Gosudarstvennye programmy modernizacii nacional'nogo promyshlennogo kompleksa: napravlenija i perspektivy. News of the South-Western State University. Series: The Economy. Sociology. Management*, 2013, no. 4, pp. 22-29.

7. Kostenko V.I., Mayorova V.I., Ignatiev N.N., Ponaryadov V.V. [Innovative approach to the problem of launching into orbit the functioning of small and ultra-small spacecraft by a passing load] *Innovacionnyj podhod k probleme vyvoda na orbitu funkcionirovanija malyh i sverhmalyh kosmicheskikh apparatov poputnym gruzom. Scientific experiments on small space vehicles: the proceedings of the scientific and technical seminar (Tarusa May 23-25, 2012). Moscow*, 2013, pp. 162-170.

8. Kuzyk B.N. [High-tech complex in the Russian economy: past, present, future] *Vysokotekhnologichnyj kompleks v jekonomike Rossii: proshloe, nastojashhee, budushhee. Moscow: Buki*, 2004. 409 p.

9. Samburov S.N. [The use of an international space station for the promotion of space research and education] *spol'zovanie mezhdunarodnoj kosmicheskoy stancii v interesah*

populjarizacii kosmicheskikh issledovanij i obrazovanija. *Piloted flights into space*, 2015, no. 1 (14), pp. 92-102.

10. Sirotkina N.V., Anisimov Yu. P. [Indicative management of the innovative environment of modern business: monograph] *Indikativnoe upravlenie innovacionnoj sredoj sovremennogo biznesa. Voronezh*, 2008.

11. Sitnikova E.V., Sergeev P.V. [Increase of investment attractiveness of the region in solving the problems of its sustainable balanced development] *Povyshenie investicionnoj privlekatel'nosti regiona v reshenii problem ego ustojchivogo sbalansirovannogo razvitija. Region: systems, economics, management*, 2013, no. 4, pp. 145-152.

12. Alekseeva V.V., Belyaeva O.V., Larina O.G., Merzlyakova E.A., Milgunova I.V. etc. [Financial aspects of investment and innovation development: monograph] *Finansovye aspekty investicionno-innovacionnogo razvitija. Kursk: Business Printing*, 2014, 240 p.

13. Kharchenko E.V. [System transformation of the economy: transition to an innovative way of development of regional economy] *Sistemnaja transformacija hozjajstva: perehod k innovacionnomu ukladu razvitija regional'noj jekonomiki. Innovative Bulletin Region*, 2009, no. 1, pp. 34-40.

14. Kolmykova T. Lukianikhina O., Baistriuchenko N., Lykianikhin V. *International integration in innovative development of economy // Problems and Perspectives in Management*, 2015, no. 4.

15. Mayorova V.I. Samburov S.N., Zhdanovich O.V., Strashinsky V.A. *Utilization of the international space station for education and popularization of space research. Acta Astronautica*, 2014, vol. 98, no. 1, pp. 147-154.