

Основные направления развития прорывных технологий в космической деятельности России и проблемы их разработки и внедрения

© О.В. Гапоненко

ФГУП «НПО «Техномаш», Москва, 127018, Россия

Изложены стратегические цели, стоящие перед Россией в области космической деятельности. Предложен вариант классификации исследований в космических технологиях, рассмотрены методические принципы определения приоритета направлений исследований. Выявлено влияние на стратегические цели космонавтики и ракетостроения в различных технологических направлениях развития ракетно-космической промышленности и выделены наиболее приоритетные среди них. Показаны основные направления развития космических функциональных и промышленных технологий, которые с максимальной долей вероятности обеспечат технологический прорыв в космонавтике, и наиболее значимые проблемы их разработки и внедрения.

Ключевые слова: стратегические цели космонавтики и ракетостроения, классификация космических технологий, прорывные направления технологического развития, проблемы внедрения технологий

Введение. Основа стратегического управления развитием наукоемких отраслей промышленности, в число которых, безусловно, входит ракетно-космическая промышленность России (далее РКП), — программно-целевое планирование. Методология разработки целевых программ базируется на фундаментальном труде Г.С. Поспелова и В.А. Ирикова [1]. Современное состояние и направления исследований стратегического планирования наукоемких отраслей промышленности представлены в работах Ю.В. Власова, А.А. Чурсина, А.Н. Мальченко, Ю.Н. Макарова, А.Г. Карасева, Б.Н. Авдониной, Е.Ю. Хрусталева, в которых, в частности, изложены подходы к методологии системных исследований космической деятельности, раскрыта оценка эффективности стратегических программ развития [2], освещены процессы интеграции предприятий в финансово-промышленные группы (интегрированные структуры), разработаны методические основы создания и развития таких структур [3], приведены варианты методических подходов к управлению отраслью (реализация программ инвестиционной деятельности, импортозамещение и диверсификация производств), экономико-математические методы оценки эффективности этих процессов [4].

Цель настоящей работы — представить практическое применение положений программно-целевого планирования, проанализировав влияние разных технологических направлений развития РКП на стратегические цели космонавтики и ракетостроения в Российской Федерации, и выделить наиболее приоритетные среди них. Результаты такого анализа станут исходными данными для оптимизации ресурсного управления технологическим развитием отрасли.

Объекты исследования — технологии РКП, как существующие в настоящее время, так и те, появление которых ожидается в ближайшие 10–15 лет. Были использованы различные методы прогнозирования: анализ существующих программно-плановых документов РКП, экстраполяция трендов, форсайт, сравнительный анализ зарубежных и отечественных наукоемких производств, близких к РКП [5–7]. В работе [8] подчеркнута, что технологии создания боевой ракетной техники (БРТ) и ракетно-космической техники (РКТ) подразумевают совокупность научно-технических знаний, процессов, материалов и оборудования. В исследованиях применяли методы системного анализа, когда научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), входящие в действующие и планируемые целевые программы, заказчиком которых является Госкорпорация «Роскосмос», рассматривали как целостную систему, анализировали деление на подсистемы, изучали взаимосвязь и взаимовлияние подсистем, воздействие их на общее технологическое развитие государства (на надсистему), эволюцию системы во времени.

В статье изложены результаты исследований, проведенных в рамках информационно-аналитического сопровождения федеральных целевых и государственных программ развития ракетно-космической промышленности.

Стратегические цели космонавтики и ракетостроения России. Для определения целей технологического развития России в области космонавтики и ракетостроения применяется широко известный метод построения «дерева целей» [9].

Состояние космической деятельности — один из основных факторов, определяющих уровень развития и влияния России в современном мире, ее статус высокоразвитого в научном и технологическом отношениях государства [10]. Главная стратегическая цель космической деятельности определена в работах [10, 11] — поддерживать и укреплять статус России как одной из ведущих космических держав. В свою очередь перед космическими державами в сфере космической деятельности стоят глобальные стратегические задачи («большие вызовы»):

- существенное (в несколько раз) снижение стоимости вывода полезного груза на низкую опорную орбиту;

- расширение сферы активной деятельности в космическом пространстве, включая Луну, планеты, астероиды, спутники планет Солнечной системы;

- увеличение срока активного существования космических аппаратов (КА);

- повышение надежности ракетно-космической техники (РКТ), уменьшение числа отказов, предотвращение катастрофических последствий, к которым они могут привести;

- разработка РКТ с уровнем таких тактико-технических характеристик (ТТХ), как эффективность и стоимость, позволяющих асимметрично парировать угрозы вероятного противника.

Для достижения указанной цели необходимо решить комплекс научно-технических и технологических задач, которые можно представить в виде древовидной иерархии.

Классификация технологических НИОКР РКП. В процессе информационно-аналитического сопровождения стратегических программ развития технологического развития ракетно-космической промышленности и принятия управленческих решений отраслевого уровня встает задача классификации предмета исследований. В данном случае — это совокупность программных мероприятий: научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) технологического развития космонавтики и ракетно-космической промышленности. При этом необходимо учитывать следующее обстоятельство: традиционно космические технологии подразделяют на космические функциональные и космические промышленные. К первым относят технологии функционирования космических аппаратов, систем, средств выведения при использовании их по целевому назначению, ко вторым — технологии производства изделий космической техники, их деталей и сборочных единиц (ДСЕ), а также технологии получения и обработки материалов для космической техники. Однако четкой границы между названными классами технологий нет. Одна и та же технология в зависимости от уровня готовности может быть отнесена и к функциональным, и к промышленным. Кроме того, прогнозируют возникновение технологий, которые являются функциональными и промышленными по определению (например, технологии сборки, ремонта и обслуживания КА на орбите, технологии получения деталей на орбите с помощью 3D-печати).

В работе [12] предложен единый классификатор космических функциональных и промышленных технологий — иерархическая структура, содержащая 21 основной класс:

- 1) ракеты-носители и разгонные блоки;
- 2) двигательные установки (ДУ) систем выведения;
- 3) ДУ космических аппаратов;

- 4) космическая энергетика и бортовые системы энергоснабжения;
- 5) роботизированные и автономные системы;
- 6) системы связи, вещания, ретрансляции, поиска и спасания, навигации и отслеживания и определения параметров орбитального мусора;
- 7) системы жизнеобеспечения и сохранения здоровья человека;
- 8) исследования пилотируемой космонавтики;
- 9) научные инструменты и датчики, внеземные обсерватории;
- 10) системы входа в плотные слои атмосферы, спуска и посадки;
- 11) нанотехнологии;
- 12) моделирование и информационные технологии;
- 13) технологии производства материалов, структур, промышленные технологии;
- 14) наземная космическая инфраструктура;
- 15) системы обеспечения тепловых режимов;
- 16) механические и мехатронные системы;
- 17) бортовые системы управления;
- 18) дистанционное зондирование Земли;
- 19) системы защиты;
- 20) наземная экспериментальная отработка;
- 21) общесистемные НИР.

Каждый класс представляет собой древовидную структуру. Глубина вложенности категорий колеблется от 3 до 6 в зависимости от раздела. Классификатор реализован авторами в виде объектно-реляционной базы данных на PostgreSQL. База данных подключается как внешний источник данных к Excel и далее использует аналитические возможности механизмов сводных таблиц Excel. В частности, с помощью механизмов сводных таблиц данные моделируются в соответствии с принципами n -мерных OLAP-кубов.

Модель данных о космических функциональных и промышленных технологиях организована в виде многомерного куба (OLAP-куба). Куб данных имеет четыре измерения. Осями четырехмерной системы служат дискретные атрибуты:

- целевая программа (например, ФКП [13] или стратегический план технологических инвестиций NASA [14]);
- класс технологии в соответствии с рассмотренным выше классификатором;
- иерархия «Изделия РКТ» (группы изделий — отдельные ключевые узлы и агрегаты, например, ракеты-носители — изделие «Ангара 5В» — двигатель первой ступени);
- категория технологии.

Атрибут «категория технологии» определен на номинальной шкале и может принимать четыре значения: критические, улучшающие, трансформирующие (прорывные) и вспомогательные технологии. Принцип отнесения технологий к той или иной категории рассмотрен в работе [15].

Критические технологии — группа технологий, критически необходимых для реализации какого-либо этапа жизненного цикла изделия: проектирования, подготовки производства, производства, утилизации (в случае БРТ). Характеристическим признаком критической технологии является невозможность выполнения целевой задачи в полном объеме с заданным качеством и стоимостью без внедрения данной технологии.

Улучшающие технологии представляют собой усовершенствованные эволюционным путем существующие технологии или свойства изделий. Они обеспечивают улучшение стратегически важных параметров космической деятельности и производственных процессов создания РКТ: повышение производительности, безопасности и надежности, снижение стоимости без потери качества, что, в свою очередь, уменьшает общесистемные риски.

Трансформирующие (прорывные) технологии — инвестиции в научно-технический и технологический задел, революционные концептуальные проекты, дающие принципиально новые возможности для будущих еще не запланированных «загоризонтных» космических проектов.

Вспомогательные технологии относят к второстепенным, стратегически незначимым технологическим процессам, не влияющим на ключевые функции конечного изделия. Такие технологии не требуют оценки со стратегической точки зрения, в перспективные планы их не включают и финансируют по мере необходимости.

Разработанный классификатор позволяет анализировать по технологическим направлениям помимо количества работ также их финансирование, сроки начала и окончания, начальный и конечный уровни технологической готовности.

Как отмечено ранее [15], с помощью классификатора можно выявить направления технологического развития, которым в сравнимых программно-плановых документах уделяют наибольшее внимание, и направления, которые можно отнести к несущественным, поэтому в рамках стратегических программ эти исследования не финансируют. Можно также проанализировать структурные особенности разных вариантов программ технологического развития.

Определение приоритетных прорывных направлений технологического развития РКП. После решения задачи классификации промышленных технологий (отнесение НИОКР к тем или иным тех-

нологическим направлениям) можно решать задачу приоритизации направлений. Методические принципы определения приоритета направлений исследований изложены в работах [16, 17].

Приоритет технологической НИОКР устанавливается экспертными методами с помощью балльного ранжирования. Балльную оценку (ранг) значимости технологии в целом определяют как сумму баллов по разработанной системе критериев с соответствующими весовыми коэффициентами. В качестве экспертов обычно выступают руководители и профильные специалисты (главные технологи предприятий, научные сотрудники головных НИИ отрасли). Ранг технологического направления соответствует нормированной сумме рангов включенных в него технологий (технологических НИОКР).

Таким образом эксперты отрасли определили наиболее перспективные трансформирующие (прорывные) направления технологического развития, влияющие на указанные выше стратегические «большие вызовы» космической деятельности. В ходе исследования обобщено мнение 56 экспертов из 60 предприятий РКП.

Прорывными направлениями космических функциональных, а также промышленных и материаловедческих технологий являются следующие.

1. Перспективные средства выведения, в том числе многоразовые и частично многоразовые.

2. Двигателестроение:

- криогенные жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) большой мощности, использующие в качестве топлива $H_2 + O_2$ или $CH_4 + O_2$;
- электроракетные двигатели;
- гиперзвуковые прямоточные воздушные реактивные двигатели;
- космические транспортные системы с ядерной установкой;
- топлива и материалы для твердотопливных ракетных двигателей (РДТТ).

3. Робототехника и автономные системы.

4. Гиперзвуковые технологии.

5. Технологии создания кластеров малых КА. Создание многоспутниковых группировок на основе технологий сетецентрического управления.

6. Лазерные, оптические и оптико-электронные технологии (для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и передачи информации). Технологии работы в ИК-, УФ-, рентгеновском и радиодиапазонах для ДЗЗ.

7. Технологии бортовой и наземной систем хранения, оперативной обработки и анализа больших массивов разнородных данных на основе методов искусственного интеллекта.

8. Космическая связь и ретрансляция широкополосных сигналов для обеспечения цифровой связью и Интернетом всей территории России.

9. Бортовые системы генерации, хранения и передачи энергии. Космические электростанции, технологии создания КА на основе ядерных энергетических установок для решения целевых задач, когда нужна высокая энерговооруженность: межорбитальные транспортные операции (выведение на ГСО, лунные и межпланетные перелеты), глобальный радиолокационный мониторинг, связь с объектами дальнего космоса, передача энергии на большие расстояния в разных диапазонах электромагнитного излучения.

10. Системы жизнеобеспечения и защиты здоровья человека при длительной работе в космическом пространстве, в том числе и вне пределов магнитного поля Земли.

11. Передовые промышленные технологии:

- промышленные робототехнические системы;
- технологии металлообработки (фрикционная сварка с перемешиванием, электронно-лучевая сварка в вакууме, станки фрезерования вафельного фона на криволинейных деталях больших размеров, механообработка с использованием высокоскоростного резания);
- лазерные технологии резки, сварки и перфорации;
- технологии импульсной и плазменной обработки;
- технологии получения изделий из композитов и обработки композитов с полимерной и керамической матрицей;
- технологии испытаний и неразрушающего контроля и диагностики производственных процессов, в том числе с применением 3D-сканирования;
- производственные процессы электроники и оптики (производство фотоэлементов, широкоапертурных оптических элементов, электрорадиоизделий (ЭРИ) для экстремальных сред);
- интеграция производства и киберфизических систем (аддитивные технологии, технологии *near-net shape*, цифровое 3D-модельно-ориентированное производство);
- технологии производственных операций в космосе (изготовление деталей на орбите аддитивными методами, ремонт, обслуживание и сборка КА на орбите).

12. Технологии получения материалов и покрытий для космической техники. Способы обработки материалов и нанесения покрытий по направлениям:

- термостойкие материалы, включая углерод-углеродные и углерод-керамические композиты и интерметаллидные сплавы Ti-Al, Ni-Al, Nb-Al, Fe-Al для особо теплонагруженных деталей и узлов жидкостных ракетных двигателей (ЖРД);
- термозащитные материалы и покрытия;

- криостойкие материалы и покрытия;
- радиационностойкие материалы и покрытия;
- облегченные материалы и структуры конструкции ракеты-носителя (РН) и КА;
- низкоабляционные материалы;
- технологии создания материалов с заданными свойствами (нанотехнологии).

Технологии перечисленных направлений разрабатывают в рамках действующей Федеральной космической программы России на 2016–2025 годы и Государственной программы по развитию оборонно-промышленного комплекса имеют разную степень технологической готовности.

При рассмотрении результатов выполнения «технологических» НИОКР особое внимание уделяется внедрению уже разработанных технологий путем реализации специального инвестиционного проекта в разделе капитального строительства соответствующей программы.

Однако разработке и внедрению прорывных технологий мешают следующие факторы:

- недостаточное и неравномерное финансирование НИОКР, а также практика секвестирования бюджетного финансирования целевых программ;
- изношенность технологического оборудования и основных фондов предприятий РКП;
- экспортные ограничения и импортозависимость в станкостроении, производстве вычислительной техники и отдельных видов материалов;
- недостаточная интенсивность обмена идеями, запросами, результатами между научными учреждениями фундаментальной и прикладной науки; отсутствие трансфера технологий между отраслями и внутри отрасли; ведомственная разобщенность предприятий — производителей БРТ и РКТ;
- дефицит квалифицированных кадров на предприятиях РКП и в головных научно-исследовательских организациях отрасли;
- отсутствие единого информационного пространства РКП.

Устранение или, по крайней мере, минимизация приведенных негативных факторов — важнейшая задача стратегического управления РКП.

Заключение. Таким образом, экспертными методами и методами системного анализа выявлена степень влияния на стратегические цели космонавтики и ракетостроения в Российской Федерации перспективных исследований разных технологических направлений развития РКП и выделение наиболее приоритетных среди них. Предложен вариант классификации технологических НИОКР космонавтики и ракетостроения, приведена классификационная модель данных, с

использованием которой были разработаны критерии оценки технологических направлений.

Выявлены направления будущих исследований в области космических функциональных и промышленных технологий, в которых, по мнению отраслевых экспертов, наиболее вероятны прорывные результаты, переводящие отечественную космическую деятельность на качественно новый уровень. Стоящую перед нашей страной задачу технологического прорыва и достижения мирового лидерства в научно-технической области в космической деятельности необходимо решать путем приоритетного развития рассмотренных технологических направлений и нацеленности управленческой деятельности всех уровней на устранение или снижение влияния негативных факторов.

Полученный результат может быть использован в формировании, актуализации и информационно-аналитическом сопровождении программно-плановых документов ракетно-космической промышленности, выработке и обосновании управленческих решений отраслевого уровня, а также при выборе направлений технологических исследований на предприятиях РКП и смежных отраслей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Поспелов Г.С., Ириков В.А. *Программно-целевое планирование и управление*. Москва, Советское радио, 1976, 440 с.
- [2] Власов Ю.В., Панов Д.В., Чурсин А.А. *Основы устойчивого инновационного развития наукоемкого сектора экономики*. Москва, Экономика, 2017, 351 с.
- [3] Мальченко А.Н., Макаров Ю.Н., Карасев А.Г. *Совершенствование методов программно-целевого планирования развития космических средств с учетом инновационных технологий*. Москва, ЗАО НИИ «ЭНЦИТЕХ», 2012, 432 с.
- [4] Авдонин Б.Н., Хрусталева Е.Ю. *Методология организационно-экономического развития наукоемких производств*. Москва, Наука, 2010, 367 с.
- [5] Леонтьев С.К., Губинский А.М. *Технологическое прогнозирование и планирование: российский и зарубежный опыт, перспективы для отечественного оборонно-промышленного комплекса*. Москва, Издательство Московского университета, 2014, 248 с.
- [6] Голубев С.С., Чеботарев С.С., Чибинев А.М., Юсупов Р.М. *Методология научно-технологического прогнозирования Российской Федерации в современных условиях*. Москва, Креативная экономика, 2018, 282 с.
- [7] Алешин Б.С., Дутов А.В., ред. *Методологические основы и регламенты управления исследованиями и разработками в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского»)*. Москва, НИЦ им. Н.Е. Жуковского, 2017, 160 с.
- [8] Кондратенко А.Н., Олексенко И.А. Особенности планирования технологических НИОКР и капитальных вложений РКП в рамках государственных и федеральных целевых программ. *Вестник «НПО «Техномаш»*, 2018, № 5, с. 12–18.

- [9] Черчмен Ч.У., Акофф Р., Арноф Л. *Введение в исследование операций*. Москва, Наука, 1968, 486 с.
- [10] *Основные положения Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу, утвержденные Президентом Российской Федерации от 19 апреля 2013 г. № Пр-906*. URL: http://roscosmos.ru/media/files/docs/3/osnovi_do_2030.doc (дата обращения 19.12.2018).
- [11] *Стратегическое развитие Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 г. и перспективу до 2030 г.* URL: http://roscosmos.ru/media/files/docs/2017/doklad_strategia.pdf (дата обращения 19.12.2018).
- [12] Гапоненко О.В., Гаврин Д.С., Свиридова Е.С. Анализ структуры стратегических планов развития ракетно-космической промышленности методом классификации НИОКР космических функциональных и промышленных технологий. *Вестник Московского авиационного института*, 2019, т. 26, № 1, с. 64–81.
- [13] *Основные положения Федеральной космической программы России на 2016–2025 годы*. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2016 г. № 230 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2017 г. № 1513). URL: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (дата обращения 22.06.2018).
- [14] *NASA Strategic Technology Investment Plan*. NASA, Office of the Chief Technologist 2017. URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2017-8-1_stip_final-508ed.pdf (дата обращения 24.05.2018).
- [15] Гапоненко О.В. Методический подход к формированию долгосрочных стратегических планов технологического развития национального аэрокосмического агентства США на примере технологий двигателестроения. *Вестник НПО «Техномаш»*, 2018, № 7, с. 20–37.
- [16] Николаев В.Д., Лукьянчик В.В., Кондратенко А.Н., Гапоненко О.В., Кузин А.И., Олексенко И.А. Инвентаризация НИОКР и инвестиционных проектов, реализуемых в рамках ФЦП, как инструмент приоритизации программных мероприятий. *Вестник «НПО «Техномаш»*, 2017, № 3, с. 61–65.
- [17] Гапоненко О.В. Методическое и аналитическое обеспечение создания и сопровождения стратегической программы технологического развития ракетно-космической промышленности. *Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение*, 2017, т. 16, № 4, с. 21–30.

Статья поступила в редакцию 28.03.2019

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Гапоненко О.В. Основные направления развития прорывных технологий в космической деятельности России и проблемы их разработки и внедрения. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2019, вып. 6.

<http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2019-6-1893>

Гапоненко Олег Витальевич — канд. техн. наук, заместитель директора Центра сопровождения и реализации инвестиционных проектов по технологическому развитию ФГУП «НПО «Техномаш». Область научных интересов: программно-целевое планирование, стратегии технологического развития ракетно-космической промышленности, информационно-аналитическая поддержка принятия управленческих решений отраслевого уровня. e-mail: gaponenko@tmnp.ru

Primary areas of breakthrough technologies in space activities of Russia and problems of their development and implementation

© O.V. Gaponenko

Federal State Unitary Enterprise “Scientific Production Association “Technomash”,
Moscow, 127018, Russia

The paper focuses on the strategic goals Russia is facing in the field of space activities, and introduces an approach to classifying research in space technologies, as well as methodological principles for determining the priority of research directions. By the expert methods and systems analysis methods, we revealed the influence of various technological directions of development of the rocket and space industry on the strategic goals of cosmonautics and rocket production in the Russian Federation, and emphasized the areas with highest priority. The study centers on the priority directions of space functional and industrial technologies, those which with a high degree of probability will provide a technological breakthrough in astronautics, and points out the most significant problems of their development and implementation.

Keywords: *strategic goals of cosmonautics and rocket science, classification of space technologies, breakthrough directions of technological development, problems of technology implementation*

REFERENCES

- [1] Pospelov G.S., Irikov V.A. *Programmno-tselevoe planirovanie i upravlenie. (Vvedenie)* [Program-oriented planning and management. (Introduction)]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1976, 440 p.
- [2] Vlasov Yu.V., Panov D.V., Chursin A.A. *Osnovy ustoychivogo innovatsionnogo razvitiya naukoemkogo sektora ekonomiki* [Fundamentals of sustainable innovative development of high-tech sector of the economy]. Moscow, Ekonomika Publ., 2017, 351 p.
- [3] Malchenko A.N., Makarov Yu.N., Karasev A.G. *Sovershenstvovanie metodov programmno-tselevogo planirovaniya razvitiya kosmicheskikh sredstv s uchetom innovatsionnykh tekhnologiy* [Improving the methods of program-target development planning of space assets with due regard for innovative technologies]. Moscow, ZAO Research Institute “ENTsITEKh” Publ., 2012, 432 p.
- [4] Avdonin B.N., Khrustalev E.Yu. *Metodologiya organizatsionno-ekonomicheskogo razvitiya naukoemkikh proizvodstv* [Methodology of organizational and economic development of knowledge-intensive industries]. Moscow, Central Economic Mathematical Institute RAS Publ.; Nauka Publ., 2010, 367 p.
- [5] Leontev S.K., Gubinskiy A.M. *Tekhnologicheskoe prognozirovanie i planirovanie: rossiyskiy i zarubezhnyy opyt, perspektivy dlya otechestvennogo oborono-promyshlennogo kompleksa* [Technological forecasting and planning: Russian and foreign experience, prospects for the national defense industry]. Moscow, MSU Publ., 2014, 248 p.
- [6] Golubev S.S., Chebotarev S.S., Chibinev A.M., Yusupov R.M. *Metodologiya nauchno-tekhnologicheskogo prognozirovaniya Rossiyskoy Federatsii v sovremennykh usloviyakh* [Methodology of scientific and technological forecasting of the Russian Federation in modern conditions]. Moscow, Kreativnaya ekonomika Publ., 2018, 282 p.

- [7] Aleshin B.S., Dutov A.V., ed. *Metodologicheskie osnovy i reglamenty upravleniya issledovaniyami i razrabotkami v vysokotekhnologichnykh otraslyakh promyshlennosti (na primere natsionalnogo issledovatel'skogo tsentra «Institut imeni N.E. Zhukovskogo»)* [Methodological bases and regulations of research and development management in high-tech industries (on the example of the National Research Center "Zhukovsky Institute")]. Moscow, the National Research Center "Zhukovsky Institute" Publ., 2017, 160 c.
- [8] Kondratenko A.N., Oleksenko I.A. *Vestnik «NPO «Tekhnomash» («Technomash» Bulletin)*, 2018, no. 5, pp. 12–18.
- [9] Churchman C.W., Ackoff R.L., Arnoff E.L. *Introduction to operations research*. John Wiley & Sons, 1959 [In Russ.: Churchman C.W., Ackoff R.L., Arnoff E.L. *Vvedenie v issledovanie operatsiy*. Moscow, 1968, 486 p.].
- [10] *Osnovy gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v oblasti kosmicheskoy deyatel'nosti na period do 2030 goda i dalneyshuyu perspektivu, utverzhdennye Prezidentom Rossiyskoy Federatsii ot 19 aprelya 2013 g. № Pr-906* [The fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of space activities for the period up to 2030 and further future, approved by the President of the Russian Federation on April 19, 2013 No. Pr-906]. Available at: http://roscosmos.ru/media/files/docs/3/osnovi_do_2030.doc (accessed December 19, 2018).
- [11] *Strategiya razvitiya Gosudarstvennoy korporatsii po kosmicheskoy deyatel'nosti «Roskosmos» na period do 2025 g. i perspektivu do 2030 g.* [The development strategy of the Roscosmos State Corporation for Space Activity for the period up to 2025 and the future up to 2030]. Available at: http://roscosmos.ru/media/files/docs/2017/doklad_strategia.pdf (accessed December 19, 2018).
- [12] Gaponenko O.V., Gavrin D.S., Sviridova E.S. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta — Aerospace MAI Journal*, 2019, vol. 26, no. 1, pp. 64–81.
- [13] *Osnovnye polozheniya federalnoy kosmicheskoy programmy Rossii na 2016–2025 gody. Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 23 marta 2016 g. № 230 (v redaktsii postanovleniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 9 dekabrya 2017 g. № 1513)* [The main provisions of the federal space program of Russia for 2016–2025. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated March 23, 2016 No. 230 (as amended by Resolution of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2017 No. 1513)]. Available at: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (accessed June 22, 2018).
- [14] *NASA Strategic Technology Investment Plan*. NASA, Office of the Chief Technologist 2017. Available at: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2017-8-1_stip_final-508ed.pdf (accessed May 24, 2018).
- [15] Gaponenko O.V. *Vestnik «NPO «Tekhnomash» («Technomash» Bulletin)*, 2018, no. 7, pp. 20–37.
- [16] Nikolaev V.D., Lukyanchik V.V., Kondratenko A.N., Gaponenko O.V., Kuzin A.I., Oleksenko I.A. *Vestnik «NPO «Tekhnomash» («Technomash» Bulletin)*, 2017, no. 3, pp. 61–65.
- [17] Gaponenko O.V. *Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie — Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*, 2017, no. 4, pp. 21–30.

Gaponenko O.V., Cand. Sc. (Eng.), Deputy Director of the center for support and implementation of investment projects for technological development, Federal State Unitary Enterprise “Scientific Production Association “Technomash”. Research interests: program and target planning, strategy of technological development of the rocket and space industry, information and analytical support for management decisions.
e-mail: gaponenko@tmnpo.ru