Методика формирования множества допустимых вариантов применения наземной космической инфраструктуры испытательного космодрома при решении задач запуска малых космических аппаратов

Technique for development of numerous admissible options for use of ground-based space infrastructure of testing site for spacecraft launching based on the scenario of launching small-sized spacecraft

Мосин / Mosin D.
Дмитрий Александрович
(sin-da@mail.ru)
кандидат военных наук, доцент.
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского» МО РФ,
начальник кафедры космических аппаратов и средств межорбитальной транспортировки.
г. Санкт-Петербург

Банников / Bannikov E.
Евгений Владимирович
(tigroid13991@gmail.com
Первый Государственный испытательный космодром МО РФ,
начальник отдела научно-испытательного центра.
Архангельская обл., г. Мирный

Дуга / Duga V.
Вадим Вадимович
(dugavadim@mail.ru)
Первый Государственный испытательный космодром МО РФ,
научный сотрудник научно-испытательного центра.
Архангельская обл., г. Мирный

Ключевые слова: испытательный космодром – testing site for spacecraft launching; малый космический аппарат – small-sized spacecraft; наземная космическая инфрастуктура испытательного космодрома – ground-based space infrastructure of testing site for spacecraft launching; вариант применения – application option; запуск космических аппаратов – spacecraft launching.

В статье описана методика, позволяющая сформировать множество вариантов применения наземной космической инфраструктуры испытательного космодрома. Методика состоит из семи основных этапов. Описан разработанный научно-методический аппарат, позволяющий сформировать множество допустимых по двум критериям вариантов применения. Данными критериями являются оперативность и стоимость, причем оперативность отражает требования основ государственной политики до 2030 года, а стоимость диктуется условиями рыночной экономики.

This article describes technique enabling development of numerous admissible options for application of ground-based space infrastructure of testing site for spacecraft launching. The technique consists of seven main stages. The developed scientific and methodological approach enabling design of numerous admissible options based on two criteria of application scenarios has been described. These criteria are operability and cost, whereby operability reflects the requirements of Basic Principles of State Policy until 2030, and cost is determined by the conditions of market-driven economy.

Введение

Успехи современной микроэлектроники приводят к миниатюризации различных компьютерных систем, используемых в повседневной жизни. Это не может не сказываться на космических технологиях. Именно этот фактор миниатюризации технологий приводит к тому, что всё чаще при запусках космических аппаратов (КА) можно услышать приставку «малый». [2–4,11] Так как современный парк ракет-носителей (РН) и объекты наземной космической инфраструктуры (НКИ) ориентированы в основном на тяжелые и средние КА, несомненно актуальным выглядит вопрос интеграции перспективных малых космических аппаратов (МКА) в существующую систему средств выведения.

На настоящий момент в Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского на кафедре «Космических аппаратов и средств межорбитальной транспортировки» проводится комплекс исследований, посвященных МКА. В апреле 2016 года проведена Всероссийская НПК, посвященная «Проблемам создания и применения МКА и робототехнических средств в интересах ВС РФ» [6], в рамках международных военно-технических форумов «Армия-2015» и «Армия-2016» проведены заседания круглых столов, посвященных МКА.

4 2018.indd 159 12.12.2018 17:13:34

Одной из важнейших задач в рамках данного направления является «Создание системы оперативного развертывания и восполнения орбитальных группировок (ОГ) космических систем (КС) на основе МКА». Обеспечение выполнения данной задачи является неотъемлемым условием для достижения целей эффективного создания и применения КС на базе МКА для решения задач воздушно-космической обороны страны [8].

Одновременно на современном этапе развития ракетно-космической техники (РКТ) создание системы оперативного развертывания и восполнения ОГ КС на основе МКА представляется задачей выбора рационального варианта применения существующей НКИ испытательного космодрома (ИК). Так как энергетических возможностей существующих ракетно-космических комплексов (РКК) для выполнения задач по запуску МКА более чем достаточно, на первый план в данном вопросе выходит экономическая целесообразность и количественная составляющая ракет космического назначения (РКН). При этом для рационального выбора варианта применения НКИ ИК необходимо сформировать множество вариантов применения НКИ ИК. Таким образом, возникает задача по разработке методики формирования множества допустимых вариантов применения НКИ ИК при решении задач запуска МКА.

Разработка методики

Далее приведена методика, в которой происходит формирование массива исходных данных, оценка на допустимость по двум показателям: оперативность и стоимость, и формирования методом полного перебора перечня допустимых вариантов применения НКИ ИК. Время подготовки космических средств (КСр) является строго детерминированной величиной и описывается сетевыми графиками в эксплуатационной документации [4, 5], поэтому данная величина, как и сам процесс в данной статье не рассматривается.

Отдельной, весьма важной и трудоемкой задачей является формирование массива исходных данных для методики формирования множества вариантов применения НКИ ИК. И если количество МКА, необходимых для восполнения национальной орбитальной группировки (ОГ), должно приходить в качестве исходных данных от вышестоящих звеньев управления, то учет характеристик, присущих НКИ ИК, необходимо учитывать специалистам ИК. Именно правильное формирование массива исходных данных позволит с достаточной степенью достоверности сформировать множество допустимых вариантов применения НКИ ИК для последующего определения предпочтительного варианта по одному из частных показателей качества.

Блок формирования массива исходных данных состоит из двух этапов:

– формирование множества потребного количества КА;

– формирование множества объектов НКИ ИК, необходимых для подготовки и запуска КА.

1. Формирование массива исходных данных.

1.1 Формирование множества КА, обладающих следующими характеристиками, $A=\{a_i, i=1...I\}$ где A – множество КА i-го типа;

a_i – КА, имеющий характеристики:

$$a_i=\langle m_i, \vec{V}_l, \vec{p}_l \rangle, \quad (1)$$

где: m_i –масса КА; $\vec{V}_l$ – габаритные характеристики; $\vec{p}_l$ – параметры орбиты.

1.2 Формирование множества объектов НКИ ИК $B=\{B_1, B_2\}$, где B_1 – множество РКК (КРК) на ИК, B_2 – множество заправочных станций (ЗС) на ИК.

Множество B_1 – характеризуется следующим выражением:

$$B_1=\{b_j^1, j=1...J\}, \quad (2)$$

где: j – порядковый номер РКК; b_j^1 – РКК, обладающие рядом разнородных характеристик.

Так как у РКК (КРК) основными вариативными характеристиками, отражающими эффективность, являются: виды РКН входящих в состав РКК, и технические готовности, в которых находятся КСр,то будет верно выражение:

$$b_j^1=\langle n_1, n_2 \rangle, \quad (3)$$

где: n_1 – перечень РКН, входящих в состав РКК; n_2 – перечень технических готовностей, в которых могут находиться КСр.

Множество B_2 – характеризуется следующим выражением:

$$B_2=\{b_j^2, j=1...J\} \quad (4)$$

где: b_j^2 – ЗС, обладающие рядом разнородных характеристик.

2. Формирование варианта применения НКИ ИК

Следующим этапом необходимо сформировать вариант применения НКИ ИК. Он в свою очередь состоит из групп материальных объектов и их характеристик.

В состав варианта применения НКИ ИК входят:

– количество мест подготовки КСр (П);

– наряд космических средств (Н);

– количество мест хранения КСр (Х);

– количество личного состава, необходимого для проведения подготовки и запуска КСр (Л);

– перечень готовностей, в которых содержатся КСр (Г);

– количество КРТ, необходимого для подготовки КСр (Т);

– запас КРТ, который возможно хранить на ИК (З);

– объем КРТ, который необходимо допоставить для выполнения поставленной задачи (Д).

4 2018.indd 160 12.12.2018 17:13:35

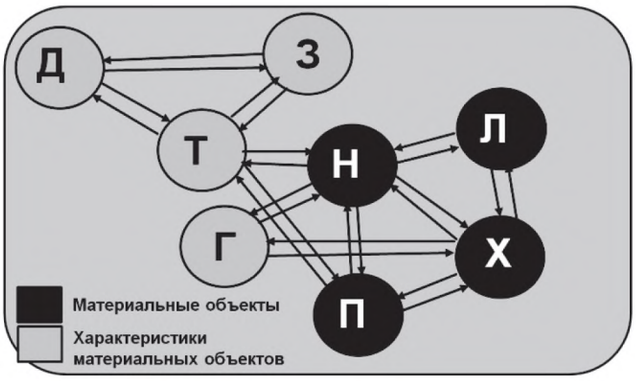

Рис. 1. Взаимосвязь элементов в варианте применения НКИ ИК

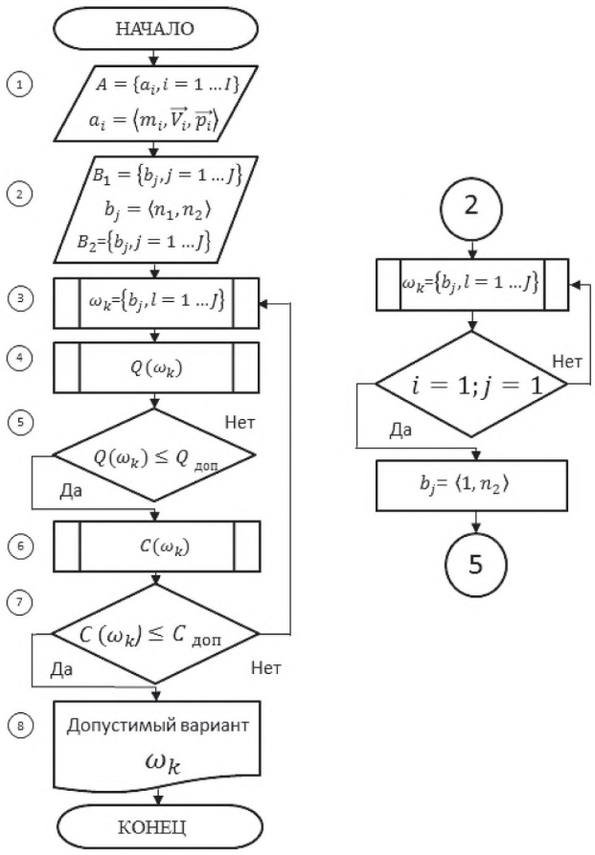

Рис. 2. Схема методики формирования допустимого варианта применения НКИ ИК

4 2018.indd 161 12.12.2018 17:13:36

Взаимосвязь данных элементов показана на рис. 1:

3. Кроме того, необходимо рассмотреть вариант, в котором количество КА и количество РКК будут равны 1. Очевидно, что в случае если количество КА и количество РКК равно 1, вариативными являются лишь вариант содержания в готовности КСр, проходящих подготовку на ТК (СК), входящих в состав данного РКК.

4. Далее необходимо оценить возможности НКИ ИК в соответствии с методикой оценивания показателей эффективности НКИ ИК по решению задач запуска МКА. Исходными данными (ИД) для «методики оценивания эффективности...» будут являться ИД уже используемые для данной методики.

5. После нахождения оперативности применения НКИ ИК $Q(\omega_k)$ необходимо сравнить показатель оперативности с его допустимым значением [7].

$$Q(\omega_k) \leq Q_{доп}$$

6. Следующим фильтром в данной методике является ресурсоемкость. Необходимо рассчитать количественную характеристику затрат на запуск потребного объема КСр с помощью методики расчета затрат, разработанной МГТУ имени Баумана [8].

7. После нахождения показателя ресурсоемкости $C(\omega_k)$ необходимо сравнить его с допустимым значением $C(\omega_k) \leq C_{доп}$.

В случае соответствия условиям допустимости, следующим этапом становится получение допустимого варианта применения НКИ ИК, в случае несоответствия по любому из показателей, необходим возврат к блоку формирования варианта.

Схема методики формирования допустимого варианта применения НКИ ИК представлена на рис. 2.

Заключение

Повышение возможности НКИ ИК – ключевое звено в обеспечении гарантированного доступа в космос. Кроме того, решение данного вопроса выпало на время, когда экономика страны испытывает некоторые сложности. В условиях, когда с одной стороны необходимо наращивать возможности сил запуска, а с другой – делать это необходимо с минимальными экономическими затратами, создание методики формирования множества допустимых вариантов применения НКИ ИК, которая в ходе использования позволит получить предпочтительный вариант увеличения возможностей НКИ ИК, более чем актуальна.

Ракетные комплексы, стоящие на вооружении в РВСН и обеспечивающие существование фактора ядерного сдерживания, с развитием сил и средств противоракетной обороны приходится обновлять. На настоящий момент идет разработка и испытание ряда перспективных ракетных комплексов, которые поступят на вооружение уже в ближайшие годы. По мере замены комплексы, находящиеся на вооружении, будут выводиться в запас с перспективой последующей утилизации. Утилизация единиц данного типа вооружения требует серьезных финансовых затрат, вместе с тем при применении их в конверсионных программах возможно обеспечить требуемый уровень оперативности выведения ОГ МКА, что, в свою очередь, обеспечит выполнение главной задачи, сформулированной в основах государственной политики в области космоса до 2030 года – гарантированного доступа в космос [10].

Литература

1. Дуга, В. В. Основные тенденции развития малых космических аппаратов дистанционного зондирования земли/ В.В. Дуга, Д.Н. Каптельцев // Сборник трудов XX НПК ГИКЦ имени Г. С. Титова, 2015. – Краснознаменск. – С 24 – 27.

2. Дуга, В. В. Современное состояние развития малых космических аппаратов дистанционного зондирования земли/ В.В. Дуга, И.В. Федоров // Сб. науч. трудов VI НТК «Инновационный арсенал молодежи», 2015. – СПб. – С. 100–102.

3. Дуга, В. В. Сравнительный анализ характеристик отечественных и зарубежных космических аппаратов дистанционного зондирования земли / В.В. Дуга // Сб. науч. трудов V НТК «Инновационный арсенал молодежи», 2014. – СПб. С. 98–101.

4. Инструкция по подготовке на СК 14А14АДИС.372182.001ИЭ-11. Издание 1. – 71 с.

5. Инструкция по подготовке на ТК 14А14АДИС.372182.001ИЭ-10. Издание 1. – 71 с.

6. Малые космические аппараты – инструмент решения задач воздушно-космической обороны: отчет о проведении круглого стола / МВТФ «Армия-2016». – М., 2016. – 9 с.

7. Методика оценки возможностей испытательного космодрома при выведении орбитальных группировок малых космических аппаратов: отчет о НИИР (промежуточ.): 27-35/ 1 ГИК МО РФ; рук. Зотов А.С.; исполн.: Дуга В.В. – Мирный., 2016. – 58 с. – Инв. №373/НИЦ.

8. Методика расчета себестоимости работ при оказании услуг по обеспечению космической деятельности / Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. – М., 2001. – 157 с.

9. Проблемы создания и применения малых космических аппаратов и робототехнических средств в интересах вооруженных сил Российской Федерации: решение всероссийской НПК ВКА имени А. Ф. Можайского. – СПб., 2016. – 8 с.

11.Трошин, Е. В. Космические системы на базе сверхмалых аппаратов – новый класс систем / Е.В. Трошин // 8-й Международный форум «Высокие технологии XXI века. ВК «Экспоцентр». – М., 2009.

10. Российская Федерация. Приказы. Основные положения государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу: приказ президента РФ: [утв. Президентом РФ от 19.04 2013] – М.: – 11 с. – Пр-906.

4 2018.indd 162 12.12.2018 17:13:37