# Частная методика формирования массива исходных данных для оценивания эффективности применения наземной космической инфраструктуры испытательного космодрома

## Special technique of source data array generation to assess the performance of the ground-based space infrastructure of the test space port

**Дуга / Duga V.**
Вадим Вадимович
(dugavadim@mail.ru)
Научно-испытательный центр войсковой части 13991,
научный сотрудник.
г. Мирный, Архангельская обл.

Ключевые слова: исходные данные – source data; наземная космическая инфраструктура испытательного космодрома – ground-based space infrastructure of test space port; космические средства – space systems; ракета космического назначения – space rocket; космический аппарат – spacecraft.

В данной статье описывается частная методика, предназначенная для формирования массива исходных данных, который в свою очередь является ключевым звеном и первым этапом в оценивании эффективности применения наземной космической инфраструктуры испытательного космодрома.

This article describes the special technique intended for generating a source data array, which, in its turn, is the key element and the first phase in assessment of the performance of the ground-based space infrastructure of the test space port.

В современном мире все больше процессов подвергаются автоматизации. Процессы, проходящие в рамках эксплуатации космических средств (КСр), не являются исключением. На новейшем и перспективном космическом-ракетном комплексе (КРК) «Ангара» весь процесс подготовки ракеты космического назначения (РКН) на универсальном стартовом комплексе (УСК) проходит под управлением автоматизированной системы управления технологическим оборудованием (АСУ ТО) 14Г630; на ракетно-космическом комплексе (РКК) «Союз-2» существуют система АСУ ТО СК 14Г637, которая управляет всем процессом заправки РКН; на РКК «Рокот» существует система автоматического дистанционного управления комплектом технологического оборудования САДУ КТО 65ПР, осуществляющая управление отдельными сегментами наземного технологического оборудования (НТО). Однако в системе управления эксплуатацией, в частности в системе принятия решений, процесс автоматизации работы не применяется в должной мере. Одной из важнейших задач при принятии решения на применение испытательного космодрома (ИК) является оценка эффективности функционирования наземной космической инфраструктуры (НКИ) ИК при выполнении задач запуска космических аппаратов. Для решения данных задач разработан научно-методический аппарат, позволяющий с надлежащим уровнем достоверности оценить возможности НКИ ИК [1], сформировать множество допустимых вариантов применения НКИ ИК [2] и выбрать предпочтительный вариант применения НКИ ИК [3]. Однако для достоверного оценивания эффективности функционирования НКИ ИК необходимо правильно задать исходные данные (ИД), так как именно достоверность ИД является ключевой в вопросе достоверности оценивания эффективности применения НКИ ИК. Таким образом, возникает задача по разработке частной методики формирования массива ИД для оценки эффективности применения НКИ ИК.

Так как основной задачей для ИК является запуск КА, основными исходными данными для массива ИД будут являться характеристики КА, обозначим их кортежем $A$. Основными характеристиками КА, влияющими на особенности его эксплуатации, являются:

– массо-габаритные характеристики КА;

– параметры орбиты;

– тип двигательной установки (двигательных установок), которой оснащен КА;

– конструктивные решения, используемые при создании КА.

Массо-габаритные характеристики КА влияют на тип РКН, применяемый для его выведения, так как разные РКН обладают разными энергетическими характеристиками. Кроме этого, масса и габариты КА существенно влияют на способ доставки КА и на перечень механо-технологических операций, проводимых при



2-2018.indd 170 04.07.2018 14:26:24

подготовке КА. Например, для всех КА, масса которых более 100 кг, в подготовку включен большой перечень монтажных работ, связанных с перегрузкой, кантованием, стыковкой переходных систем и отсеков и т.д. Весь перечень этих работ не только занимает продолжительное время, но и требует большого количества специализированного механо-технологического оборудования (КМТО). Чаще всего данное КМТО индивидуально для каждого типа КА и требует для размещения в монтажно-испытательных корпусах (МИК) больших площадей (которых зачастую дефицит). В случае же с КА массой менее 100 кг не требуется ни громоздкого и дорогостоящего КМТО, ни особых площадей, поэтому направление малых КА является более чем перспективной с этой точки зрения. Основными массо-габаритными характеристиками являются:

– стартовая масса;

– максимальный диаметр;

– длина.

Параметры орбиты КА, так же как и массо-габаритные характеристики, являются важнейшей характеристикой КА. Из всех параметров орбиты ключевыми для оценки эффективности НКИ ИК являются:

– высота орбиты;

– наклонение орбиты.

От этих параметров также зависит выбор РКН и комплектация РКН, так как каждая РКН и каждая комплектация РКН (тип РН, наличие и тип РБ, БВ) обладает собственными энергетическими характеристиками.

Необходимо также отметить, что массо-габаритные характеристики и параметры орбиты влияют на количество топлива, заправляемого в КСр, (РБ, РН), и если РКН, использующие криогенные компоненты ракетного топлива (КРТ), заправляются по схеме «полный бак», то в РКН и РБ (БВ), использующие высококипящие (токсичные) КРТ, доза заправки зависит от массы КА, высоты орбиты и наклонения орбиты, на которую выводится КА. Однако такое разделение вызвано не экономическими причинами (стоимость килограммов КРТ пренебрежимо мала по сравнению со стоимостью КСр), а экологическими.

Тип двигательных установок (ДУ), которыми оснащен КА, главным образом влияет на необходимость его заправки на ИК. В частности, на космодроме «Плесецк» КА заправляются на заправочной станции (ЗС), что увеличивает продолжительность их подготовки и требует хранения дополнительных запасов КРТ. В данном вопросе также преимущества имеют малые космические аппараты (МКА), так как в качестве ДУ на них используются электроракетные двигатели (ЭРД), рабочей средой в которых применяется ксенон. ДУ МКА приходят заправленные рабочей средой с завода-изготовителя и их заправка на ИК не требуется.

Конструктивные решения, используемые при создании КА, определяют перечень технологического оборудования, используемого для его подготовки, особые условия эксплуатации (специфические требования по влажности, чистоте, электро-магнитной совместимости), перечень и объем материальных средств, применяемых при подготовке КА. Например, операция: заправка системы обеспечения теплового режима (СОТР) ЛЗ-ТК-2 требует большого объема теплоносителя, а операция обезжиривание поверхности – определённого объема ветоши и спирта. Наиболее ярким примером требований по особым условиям эксплуатации является требование по чистоте, предъявляемые к подготовке некоторых КА. Согласно ГОСТ14644-1-2002 существует 9 классов чистоты контролируемой среды, каждый из которых характеризуется концентрацией взвешенных в воздухе частиц (определенного диаметра). При этом класс чистоты 9 ISO достигается с помощью комплекса организационно-профилактических мероприятий (специальная одежда, обувь) и постоянной влажной уборкой, а класс чистоты 8 ISO возможно обеспечить лишь в специально оборудованных «чистых помещениях», требующих отдельных площадей и специального НТО. Очевидно, что количество таких помещений на каждом ИК ограничено.

Представим основные характеристики КСр в виде кортежа *R*. К основным характеристикам КСр относятся:

– габариты под головным обтекателем;

– энергетические характеристики;

– количество КРТ, необходимого для заправки КСр;

– перечень технических готовностей КСр и время содержания КСр в этих готовностях;

– количество личного состава, необходимого для проведения работ по подготовке и запуску КСр;

– время подготовки КСр на ТК, СК, ЗС.

К величинам, характеризующим габаритные размеры под головным обтекателем (ГО) РН, относятся высота и диаметр. Для разных полезных нагрузок применяются разные типы ГО, в частности для РН «Союз-2» существует ГО диаметром от 2,7 до 4,11 метра.

Основными энергетическими характеристиками КСр являются:

– масса выводимой полезной нагрузки (обычно указывается для определенной высоты орбиты на определенное наклонение);

– тяга маршевых двигателей на основных режимах (различается на типы: «у земли» и «в пустоте»);

– точность выведения полезной нагрузки (по высоте, по периоду обращения, по наклонению и по долготе восходящего узла).

Каждый вид КСр (РН, РБ, КА) заправляется отдельными видами КРТ и для заправки каждого КСр запас КРТ зачастую хранится на ИК.

Существуют технические готовности (ТГ) КСр, отражающие перечень операций, которые необходимо провести при подготовке и запуске. Для каждого КСр номера ТГ отражают свой уровень готовности, однако возможно выделить типовые ТГ: состояние поставки,



2-2018.indd 171 04.07.2018 14:26:24

ТГ №3, ТГ №2, ТГ №1. При состоянии поставки КСр находятся в вагонах в штатной укупорке, при ТГ №1 КСр находится на СК и готово к запуску (для РН) либо готово к сборке КГЧ (для РБ и КА).[7]

Время подготовки каждого КСр на ТК, СК, заправки на ЗС является детерминированной величиной и описывается с помощью сетевых графиков в эксплуатационной документации [5, 6]. Количество личного состава (по категориям), необходимое для подготовки каждого КСр, отражено в тех же инструкциях по эксплуатации.

Далее необходимо определить основные характеристики ИК, представим их в виде кортежа *B*. К основным характеристикам ИК относятся:

– множество РКК на ИК;

– перечень РКН, входящих в РКК;

– количество пусковых установок (ПУ), мест подготовки и хранения КСр;

– количество мест заправки КСр на заправочной станции, входящей в состав ИК;

– штатная численность основных подразделений ИК, осуществляющих эксплуатацию КСр;

– количество мест долговременного хранения КРТ.

Таким образом, порядок формирования массива исходных данных выглядит следующим образом:

Схема методики представлена на рис. 1.

Автоматизация процессов управления сложными техническими системами является перспективным направлением в современной науке и технике. Аппарат поддержки принятия решений необходим, особенно в условиях неопределенной среды и сжатых временных рамок, в которых лицо, принимающее решение, находится постоянно.

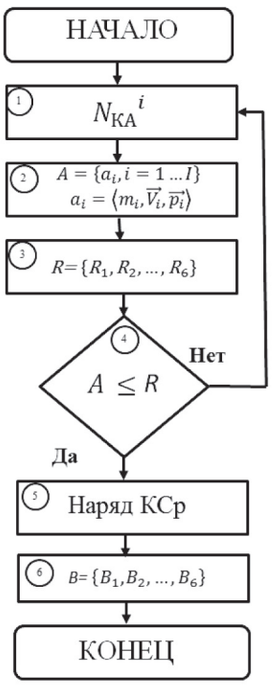


*Рис. 1. Схема методики формирования массива ИД для оценивания эффективности применения НКИ ИК*

Для устранения неопределённости среды необходимо достоверно оценить эффективность функционирования НКИ ИК, а для того, чтобы сделать это с требуемым уровнем достоверности, необходимо правильно задать ИД.

Разработка частной методики формирования массива ИД для оценивания эффективности применения НКИ ИК позволит с надлежащим уровнем достоверности проводить оценивание эффективности функционирования НКИ ИК, а также формировать массивы ИД для формирования множества вариантов применения НКИ ИК, с целью приобретения возможностей маневра в стремительно меняющихся условиях обстановки.

## Литература

1. Частный случай методики оценки времени выведения орбитальной группировки малых космических аппаратов / В.В. Дуга [и др.] // Сборник научных трудов филиала ФГУП ЦЭНКИ – КБТХМ. – 2016. – № 11, Ч. 1. – С. 10–14.

2. Дуга, В. В. Методика формирования множества вариантов использования испытательного космодрома при выведению орбитальных группировок малых космических аппаратов / В.В. Дуга // Сборник трудов III Всеармейской военно-научной конференции «Проблемы применения космических сил и средств в системе операций вооруженных сил Российской Федерации». ВКА имени Можайского. – 2017. – Т. 1. – С. 460–465.

3. Дуга, В. В. Методика обоснования рационального варианта использования инфраструктуры испытательного космодрома при выведении орбитальных группировок малых космических аппаратов / В.В. Дуга, Е.В. Банников // Отчет о НИИР. Исследование проблем обеспечения технической готовности, надежности и безопасности, оценка ЭТХ существующих и перспективных ракетно-космических комплексов. Шифр «Регламент-216К». – Мирный, 2017. – С. 140–146.

4. ГОСТ ИСО 14644-1-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха.

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

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

7. Эксплуатация космических средств: учебник / Г.Д. Петров [и др.] ; под ред. А.П. Вышинского. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2015. – 454 с.



2-2018.indd 172 04.07.2018 14:26:25

# ФИЛОСОФИЯ ИНФОРМАЦИИ

- Информация, энергия, материя
- Информационно-энергетическое поле
- Информационные аспекты культуры, нравственности и духовности
- Новое миропонимание

раздел

раздел

ФИЛОСОФИЯ

ФИЛОСОФИЯ