

## МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ С РАЗЛИЧНЫМИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

© 2016 Н. Н. Стратилатова<sup>1</sup>, В. И. Куренков<sup>2</sup>, А. С. Кучеров<sup>2</sup>, А. С. Егоров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Акционерное общество «РКЦ «Прогресс», г. Самара

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва

В настоящее время выбор новых оптико-электронных телескопических комплексов (ОЭТК) для внедрения определяется на основе трудоёмких и длительных исследований, в которых принимают участие научно-исследовательские институты заказчика и ракетно-космической отрасли, а также предприятия, специализирующиеся на создании ОЭТК и космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Предлагается методика ранжирования ОЭТК по степени влияния на целевые характеристики космической системы (КС) наблюдения (линейное разрешение на местности, периодичность наблюдения, количество спектральных диапазонов, ширина полосы захвата, ширина полосы обзора, производительность съёмки, точность привязки снимков к местности, срок активного существования) с учётом возможного изменения проектных параметров КА ДЗЗ и затрат на реализацию новых проектов и влияния на стоимостные характеристики космических снимков. Методика основана на использовании программного обеспечения для предварительных оценок массогабаритных и других проектных параметров КА ДЗЗ в зависимости от заданных целевых показателей КС. С помощью предлагаемой методики можно оперативно провести анализ эффективности внедрения того или иного технического решения, связанного с выбором проектных характеристик вновь создаваемых КА ДЗЗ с оптико-электронной аппаратурой наблюдения.

*Космический аппарат, дистанционное зондирование Земли, оптико-электронный телескопический комплекс, целевые характеристики, проектные параметры, затраты, ранжирование.*

### Введение

На начальных этапах проектирования космических аппаратов дистанционного зондирования Земли обычно рассматриваются альтернативные варианты оптико-электронных телескопических комплексов. Казалось бы, чем лучше показатель линейного разрешения на местности (детальности) КА, тем предпочтительнее использование рассматриваемого ОЭТК в новых проектах. Однако, если улучшение показателя линейного разрешения на местности связано с увеличением габаритов и массы ОЭТК, то в некоторых случаях могут измениться другие целевые показатели КА ДЗЗ, а также про-

ектные параметры и экономические показатели.

В статье предлагается упрощённая методика предварительного выбора ОЭТК на основе анализа влияния его характеристик на целевые, массогабаритные, энергетические и экономические показатели КА ДЗЗ.

Суть предлагаемой методики заключается в следующем. Выбор ОЭТК производится по показателю значимости  $\xi_w$ , представляющему собой отношение приращения прогнозируемого показателя качества космических снимков от внедрения нового ОЭТК  $\Delta W_K$ , к приращению затрат,

---

*Цитирование:* Стратилатова Н.Н., Куренков В.И., Кучеров А.С., Егоров А.С. Методика сравнительной оценки эффективности космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с различными оптико-электронными телескопическими комплексами // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2016. Т. 15, № 2. С. 80-89. DOI: 10.18287/2412-7329-2016-15-2-80-89

обусловленных стоимостью внедрения нового проектного решения с учётом затрат на возможное изменение проектного облика КА ДЗЗ  $\Delta W_3$  :

$$\xi_w = \Delta W_K / \Delta W_3 . \quad (1)$$

В качестве исходных данных для оценки качества космических снимков используются статистические данные по целевым характеристикам КА ДЗЗ (линейное разрешение на местности, количество спектральных диапазонов, точность привязки снимков к геодезическим координатам, размеры кадра, радиометрическое разрешение – уровень квантования или число градаций яркости изображения, периодичность съёмки заданного района, оперативность получения информации, производительность).

В качестве исходных данных для оценки расхода от реализации новых ОЭТК с учётом возможного изменения проектного облика КА ДЗЗ используются статистические данные по стоимости разработки КА ДЗЗ и затратам на пусковые услуги с учётом используемой ракеты-носителя (РН).

Для оценки приращения целевых характеристик и изменения массогабаритных и энергетических характеристик КА ДЗЗ задаются целевыми показателями космической системы наблюдения, предполагаемой к разработке или модернизации. При необходимости выбирается прототип КА ДЗЗ, проводится оценка влияния внедрения того или иного ОЭТК на проектный облик КА.

При существенных изменениях проектного облика КА (массы, габаритов, энергопотребления) вместо модернизации необходимо сформировать новый облик КА, что делается на основе разработанной ранее методики и с помощью специального программного обеспечения.

Оценка приращения затрат на реализацию проектов с альтернативными вариантами ОЭТК осуществляется на основе анализа статистических данных по КА с

аналогичными целевыми и проектными характеристиками.

Ниже приводится более подробное изложение этапов реализации предлагаемой методики в упрощённой постановке.

### Анализ статистических данных по КА ДЗЗ

В табл. 1 приведены некоторые целевые и проектные характеристики, полученные после сбора и обработки статистических данных по семи КА ДЗЗ. Проверки в ячейках таблицы означают, что по соответствующим характеристикам нет данных.

Представленные в таблице показатели линейного разрешения на местности (детальности) соответствуют размеру элементарного фотоприёмника изображения – пикселя. Заметим, что в некоторых источниках линейное разрешение на местности – это суммарная ширина чёрной и белой полос на мире при минимальной различимости этих полос, а размерность такого показателя м/(два пикселя).

Разброс показателя периодичности наблюдения зависит от широты расположения снимаемого объекта, и в табл. 1 он представлен в виде интервала значений.

Стоимость создания КА «Ресурс-П» приведена как экспертная оценка авторов на основе сравнительной оценки по зарубежным КА.

Отметим, что характеристики в табл.1 собраны из различных источников, данные которых иногда противоречивы. Эти характеристики использованы лишь для проверки работоспособности предлагаемой методики.

### Оценка качества космических снимков

Качество космических снимков определяется несколькими составляющими, определяющими их потребительские свойства. Проектные характеристики КА ДЗЗ при определении качества снимков как бы остаются за скобками. Поэтому, прежде всего, из всех характеристик

необходимо выделить лишь те, которые в той или иной мере определяют качество снимков. В данном исследовании выделены следующие характеристики: детальность, количество спектров наблюдения, градация изображения (квантование сигнала), точность координатной привязки снимков, периодичность наблюдения заданного района, ширина захвата аппаратуры наблюдения и производительность съёмки. Характеристика оперативности передачи видеoinформации на наземные пункты приёма не рассматривалась в связи с отсутствием данных.

Интегральную (комплексную) оценку качества снимка будем оценивать следующим образом:

$$W_K = \sum_{i=1}^n k_i W_i, \quad (2)$$

где  $W_i$  – частный показатель качества;  $k_i$  – удельный вес частного показателя;  $n$  – количество рассматриваемых частных показателей.

Таблица 1. Основные характеристики КА ДЗЗ и качества космических снимков

Характеристика	Наименование КА ДЗЗ						
	IKONOS	Quick-Bird-2	World-View-1	GeoEye-1	World-View-2	Pleiades – 1a, 1b	Ресурс-П – №1, №2
Год запуска	1999	2001	2007	2008	2009	2011 2012	2013 2014
Масса КА, кг	726	1028	2500	1955	2800	970	6275
РН	Athena-2	Delta-2	Delta-2	Delta-2	Delta-2	Союз-2СТ	Союз-2-16
Детальность, ПХ, м/пиксель: МС, м/пиксель:	0,81 3,2	0,61 2,44	0,50 Нет	0,41 1,65	0,46 1,84	0,7 2,8	0,72 2,48
Высота орбиты, км Наклонение, град	<u>681</u> 98,2	<u>450</u> 98	<u>495</u> 97,2	<u>684</u> 98,1	<u>770</u> 97,8	<u>694</u> 98,2	<u>475</u> 97,2
Количество спектров	ПХ – 1 МС – 4	ПХ – 1 МС – 4	ПХ – 1 МС – 0	ПХ – 1 МС – 4	ПХ – 1 МС – 8	ПХ – 1 МС – 4	ПХ – 1 МС – 6
Координатная привязка, м	23	23	5	3	5	4,5	10...15
Градация серого цвета, бит/пикс.	11	11	11	11	11	12	10
Периодичность, сут.	2...3	1...5	2...3	1...3	1...3	1...3	2...3
Ширина полосы обзора, км	-	-	-	-	1355	800	950
Ширина захвата в надире, км	11	16,5	17,6	15,2	16,4	20	38
Производительность, тыс. кв. км/сут.	240	350	850	700	975	1 000	800
Скорость перенацеливания, град/с	3,4	1,5	4,5	1,8	3,5	2,4	2
Бортовой накопитель, Гбайт	80	128	2199	1200	2199	600	500
Скорость передачи данных, Мбит/с	320	320	800	740	800	450	300
Срок активного существования, лет	8,5	7	7,25	7	7,5	5	5
Стоимость КА, млн \$	500	245	500	500	400	380	150

В табл. 2 представлены результаты экспертной оценки в баллах частных показателей качества космических снимков и результаты расчёта, проведённые по (2). Удельные веса различных показателей представлены в последнем столбце табл. 2.

Наибольшее значение (0,4) присвоено показателю детальности (линейному разрешению на местности), так как даже небольшое улучшение этого показателя,

как будет показано ниже, требует значительных затрат массы на реализацию нового ОЭТК.

Лучшими можно считать космические снимки по критерию  $W_K \rightarrow \max$ . Согласно этому критерию предпочтение следует отдавать снимкам, полученным с КА ДЗЗ WorldView-2, а снимки с КА «Ресурс-П» (в рамках данного подхода) по качеству занимают третье место.

Таблица 2. Оценка целевых показателей качества космических снимков с различных КА ДЗЗ

Характеристика	Наименование КА ДЗЗ							$k_i$
	IKONOS	Quick-Bird-2	World-View-1	Geo-Eye-1	World-View-2	Pleiades – 1a, 1b	Ресурс-П – №1, №2	
Детальность	0,15	0,25	0,3	0,4	0,35	0,2	0,2	0,4
Количество спектров	0,4	0,4	0,25	0,4	0,9	0,4	0,7	0,1
Квантование	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,1
Координатная привязка	0,4	0,4	0,75	0,9	0,75	0,8	0,6	0,1
Периодичность	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,1
Ширина захвата	0,25	0,4	0,42	0,3	0,4	0,5	1	0,1
Производительность	0,2	0,35	0,8	0,7	0,9	1	0,8	0,1
Качество, $W_K$	0,32	0,38	0,47	0,53	0,58	0,50	0,51	

### Основные этапы реализации методики

1. Задаются исходные данные по целевым характеристикам КА ДЗЗ с ОЭТК различных типов. В качестве целевых показателей используются лишь те, которые в наибольшей степени влияют на баллистические и массогабаритные характеристики КА ДЗЗ: линейное разрешение на местности (детальность); ширина полосы захвата (не менее заданной); ширина полосы обзора (не менее заданной); средняя периодичность; производительность (число объектов наблюдения за виток); средняя оперативность; срок активного существования (АС).

В рамках принятого подхода будем считать, что все остальные целевые характеристики (точность геопривязки

снимков, квантование и др.) влияют на проектные параметры КА ДЗЗ в меньшей степени или их влияние минимально из-за существующих ограничений по типам орбит (обзорность). Заметим, что количество спектров наблюдения, как целевая характеристика, влияет на проектные параметры КА ДЗЗ, однако будем считать, что это влияние учтено в характеристиках анализируемых ОЭТК.

2. Проводятся проектные расчёты по параметрам орбит новых КА с учётом данных статистики по ширине полосы захвата. Максимальный угол отклонения оптической оси КА от направления в надир  $\gamma_{\max}$  для большинства КА составляет 40...45°.

Минимальная высота орбиты  $H_{\min}$  (без учёта кривизны поверхности Земли)

определяется из простых геометрических соотношений по заданной ширине полосы обзора  $L_{Обз}$ :

$$H_{\min} = \frac{L_{Обз}}{2\text{tg}\gamma_{\max}} \quad (3)$$

3. По методике [1] производится выбор параметров солнечно-синхронной орбиты (ССО) с высотой, ближайшей к минимальной высоте.

4. Рассчитывается уточнённое значение ширины полосы обзора на основании (3).

5. Осуществляется уточнение показателя линейного разрешения на местности  $\Delta L$  (при съёмке в надир) с учётом корректировки высоты  $H$  по методике, изложенной в [2]. Проверяется условие по минимально необходимому диаметру главного зеркала  $D_{ГЗ}$  для обеспечения детальности [3]:

$$D_{ГЗ} = \frac{H \cdot \lambda}{2K \cdot \Delta L}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – минимальная длина волны в используемых спектрах;  $K$  – эмпирический коэффициент (0,25-0,35).

6. Осуществляется расчёт и проектное обеспечение показателей периодичности наблюдения и оперативности передачи информации на наземные пункты приёма.

Расчёт осуществляется с помощью программы EFKAN [2], предназначенной для имитационного моделирования орбитального движения и целевых разворотов КА. В программном обеспечении учитываются параметры орбит КА, время полёта КА, нахождение КА на освещённом Солнцем участке орбиты или в тени Земли, нахождение объектов наблюдения в световом пятне, место нахождения объекта наблюдения, координаты расположения наземного пункта приёма видеоинформа-

ции. С помощью программы также осуществляется проверка обеспечения показателей детальности, ширины полосы захвата и ширины полосы обзора.

7. При невыполнении показателей периодичности или оперативности производится корректировка проекта по параметрам орбиты, по количеству используемых наземных пунктов приёма информации или путём введения спутника-ретранслятора.

8. Производится расчёт (в первом приближении) массогабаритных и энергетических характеристик будущего КА, имеющего типовой состав целевой аппаратуры и бортовых обеспечивающих систем [4]. Расчёт производится с помощью программы ПОСАПР (совместная разработка сотрудников СГАУ и АО «РКЦ «Прогресс»), в качестве исходных данных вводятся целевые характеристики, уточнённые на предыдущих этапах расчёта.

9. Оцениваются показатели качества космических снимков для КА ДЗЗ с новыми ОЭТК и фотоприёмным устройством (ФПУ) (в баллах).

10. Производится оценка затрат на создание КА с различными ОЭТК и другими новыми проектными решениями.

11. Выбирается ракета-носитель по критерию минимальной стоимости пусковых услуг [5].

12. Производится оценка значимости внедрения новых ОЭТК.

13. Производится оценка качества КА с различными проектными решениями.

### Пример реализации методики

Рассматриваются два типа ОЭТК, некоторые характеристики которых представлены в табл. 3. Данные по ОЭТК-1 заимствованы из [6], а по ОЭТК-2 – из [7;8] (примерно соответствуют аппаратуре наблюдения спутника КН-11, США).

Таблица 3. Характеристики ОЭТК и ФПУ

Характеристика	ОЭТК-1	ОЭТК-2
Фокусное расстояние ОЭТК, $f$ , м	20	27
Угловое поле зрения, град	1,5	0,6...1
Угловое разрешение, $\varepsilon = \Delta l_3 / f$	1	0,3
Количество спектров	4	8
Квантование	10	12
Диаметр ГЗ, м	1,5	2,3
Диаметр ОЭТК, м	1,7	2,6
Длина ОЭТК, м	6	7
Масса, кг	1600	2600
Среднесуточное энергопотребление, Вт	150	300
Размер пикселя, $\Delta l_3$ , мк	6...9	6

Таблица 4. Предварительные проектные характеристики КА с различными ОЭТК

Характеристика	КА-1 (ОЭТК-1)	КА-2 (ОЭТК-2)
Линейное разрешение, м	0,5	0,3
Ширина полосы обзора, км	1460	540 - 2000
Ширина полосы захвата, км	17,4	4 - 14
Периодичность, ч	20-47	19-36
Производительность, объект/вит	20	20
Срок активного существования, лет	5	10
Высота орбиты, км	730	270-1007
Угол наклона плоскости орбиты, град	98,3	97,9
Масса КА, кг	5730	11000
Длина КА (не более), м	7,5	13,1
Диаметр КА (не более), м	4,0	4,3
Минимальный потребный диаметр главного зеркала, м	1,4	2,14
Среднесуточное энергопотребление, Вт	1500	2520

В табл. 4 приведены некоторые расчётные данные по результатам предварительного оперативного выбора основных проектных характеристик КА ДЗЗ с аппаратурой наблюдения в соответствии с табл. 3. Линейное разрешение на местности рассчитывалось на основе соотношений геометрической оптики и не учитывало влияние освещённости и контрастности объектов наблюдения, а также звеньев формирования оптического тракта изображения.

Отметим, что рассчитанные параметры КА-2 примерно соответствуют характеристикам КА ДЗЗ «КН-11» [7;8] при некоторых допущениях по целевым параметрам.

Показатель оперативности рассчитывался без использования спутника-

ретранслятора и для одного наземного пункта приёма информации.

Отметим, что массу и габариты КА-2 можно уменьшить за счёт снижения требований по другим целевым показателям (по сроку активного существования, производительности, энергопотреблению) или после внедрения некоторые новых технических решений, которые в данной работе не рассматриваются.

#### Оценка качества снимков КА с различными ОЭТК

Результаты расчёта в баллах представлены в табл. 5. Для сравнения приведены показатели качества по КА «Ресурс-П». В последнем столбце представлены удельные веса частных показателей эффективности.

Таблица 5. Показатели качества космических снимков для КА ДЗЗ с новыми ОЭТК и ФПУ (в баллах)

Характеристика	КА ДЗЗ			$k_i$
	Ресурс-П	КА-1	КА-2	
Детальность	0,2	0,5	0,7	0,4
Количество спектров	0,7	0,4	0,8	0,1
Квантование	0,7	0,7	0,9	0,1
Координатная привязка	0,6	0,6	0,6	0,1
Периодичность	0,5	0,5	0,5	0,1
Ширина захвата	1	0,5	0,3	0,1
Производительность	0,8	0,8	0,8	0,1
Качество, $W_k$	0,51	0,55	0,67	

### Оценка затрат на создание и запуск КА

Определение затрат на реализацию КА в общем случае должно проводиться не только с учётом цены закупленных ОЭТК, но и с учётом затрат на перепроектирование, изменение технологического процесса и др. На данном этапе решается более простая задача, в которой учитывается лишь изменение стоимости ОЭТК. Будем оценивать относительное приращение затрат экспертным путём.

Результаты расчёта затрат (в баллах) на предполагаемую реализацию КА ДЗЗ с

новыми ОЭТК и ФПУ приведены в табл. 6. Здесь учтён факт того, что для КА высокодетального наблюдения значительная часть стоимости приходится на ОЭТК. Увеличится стоимость запуска КА-2, что связано с тем, что его масса и габариты превышают грузоподъёмность и диаметр головного обтекателя ракеты-носителя типа «Союз». Для запуска можно использовать РН более тяжёлого класса, например, РН «Ангара-5» или РН «Протон». Отметим, что для запуска КА «КН-11» использовалась РН Titan-IVB.

Таблица 6. Затраты на создание КА

Характеристика	КА ДЗЗ			$k_i$
	Ресурс-П	КА-1	КА-2	
Стоимость РН	0,3	0,3	0,4	0,2
Стоимость КА	0,3	0,4	0,5	0,5
Срок АС	0,5	0,5	0,7	0,3
Затраты, $W_3$	0,36	0,41	0,54	

### Оценка значимости внедрения новых технических решений

Проведём оценку значимости внедрения ОЭТК-1 и ОЭТК-2 на основе (1) и (2) с учётом данных табл. 5, 6:

$$\xi_{w1} = \frac{W_{k2} - W_{k1}}{W_{32} - W_{31}} = \frac{0,55 - 0,51}{0,41 - 0,36} = 0,80;$$

$$\xi_{w2} = \frac{W_{k3} - W_{k1}}{W_{33} - W_{31}} = \frac{0,67 - 0,51}{0,54 - 0,36} = 0,89.$$

В этих расчётах индексы 1, 2 и 3 в обозначениях показателей качества и затрат относятся к КА «Ресурс-П», КА с ОЭТК-1 и КА с ОЭТК-2. Видно, что зна-

чимось внедрения ОЭТК-2 выше, чем ОЭТК-1, несмотря на дополнительные затраты.

Напомним, что этот показатель значимости характеризует получение наибольшего эффекта от внедрения (технических решений) с учётом затрат.

Отметим, что повысить значимость внедрения ОЭТК-2 можно, снизив массу КА-2 до такой степени, чтобы его можно было запускать на РН типа «Союз». Это можно сделать за счёт внедрения новых технических решений или снижений требований по некоторым остальным целевым характеристикам КА.

### Заключение

Предложена методика, с помощью которой можно проводить выбор новых типов ОЭТК с учётом их влияния на целевые, проектные и стоимостные характеристики космических систем и космических аппаратов дистанционного зондирования Земли.

Методика основана на оценках качества космических снимков с учётом целевых характеристик и качества КА с учётом их проектных параметров, а также на

оценке показателей значимости, которые представляют собой отношение приращения качества космических снимков к затратам на реализацию КА с новыми проектными решениями.

Предлагаемая методика универсальна и позволяет рассчитывать аналогичным образом показатели значимости и показатели качества КА ДЗЗ, а также ранжировать другие проектные решения, предполагаемые для внедрения.

### Библиографический список

1. Гонин Г.Б. Космические съёмки Земли. Л.: Недра, 1989. 252 с.
2. Куренков В.И., Салмин В.В., Абрамов Б.А. Основы устройства и моделирования целевого функционирования космических аппаратов наблюдения: уч. пособие. Самара: СГАУ, 2006. 295 с.
3. Аронов А.М., Данилов В.А., Никифоров В.О., Савицкий А.М., Сокольский М.Н. Оптико-электронные системы для дистанционного зондирования Земли. [http://www.lomo-tech.ru/photos/lomo\\_kosm\\_otkr.pdf](http://www.lomo-tech.ru/photos/lomo_kosm_otkr.pdf).
4. Куренков В.И., Салмин В.В., Прохоров А.Г. Методика выбора основных проектных характеристик и конструктивного облика космических аппаратов наблюдения: уч. пособие. Самара: СГАУ, 2007. 160 с.
5. Чёрная О.А. Цена на запуск ракетносителя как один из центральных факторов международной конкурентоспособности // Вестник донецкого университета. Серия В: Экономика и право. 2007. № 2. С. 219-227.
6. Маламед Е.Р. Конструирование оптических приборов космического базирования: уч. пособие. СПб: Санкт-Петербургский институт точной механики и оптики (технический ун-т), 2002. 291 с.
7. КН-11 16 (Crystal 16, NROL 65) – военный спутник США (Оптико-электронная разведка). <http://mapgroup.com.ua/kosmicheskie-apparaty/26-kosmicheskie-apparaty-ssha/389-kh-11-kennan-crystal-kristall-ili-key-hole>.
8. Improved - Advanced Crystal / IKON / «КН-12» Reconnaissance Imaging Spacecraft. <http://www.globalsecurity.org/space/systems/kh-12.htm>

### Информация об авторах

**Стратилатова Наталия Николаевна**, начальник бюро, АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара. E-mail: [stratilatova\\_nat@mail.ru](mailto:stratilatova_nat@mail.ru). Область научных интересов: эффективность внедрения объектов интеллектуальной собственности в ракетно-космической отрасли.

**Куренков Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры космического машиностроения, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва. E-mail: [kvi.48@mail.ru](mailto:kvi.48@mail.ru). Область научных интересов: проектирование, моделирование целевого функционирования, надёжность ракет-носителей и космических аппаратов наблюдения.

**Кучеров Александр Степанович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры космического машиностроения, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва. E-mail: [ask@ssau.ru](mailto:ask@ssau.ru). Область научных



интересов: проектирование, моделирование целевого функционирования и надёжность космических аппаратов наблюдения, исследование операций.

**Егоров Александр Святославович**, инженер-конструктор второй категории, АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара. E-mail: [egorov063@mail.ru](mailto:egorov063@mail.ru). Область научных интересов: моделирование целевого функционирования ракетно-космической техники с учётом экономических эффективности.

## PROCEDURE OF COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF EARTH REMOTE SENSING SATELLITES WITH DIFFERENT OPTOELECTRONIC TELESCOPIC COMPLEXES

© 2016 N. N. Stratilatova<sup>1</sup>, V. I. Kurenkov<sup>2</sup>, A. S. Kucherov<sup>2</sup>, A. S. Egorov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JSC Space Rocket Center «Progress», Samara, Russian Federation

<sup>2</sup>Samara National Research University, Samara, Russian Federation

New optoelectronic telescopic complexes to be implemented are currently selected on the basis of painstaking and long-term research in which scientific research institutes of the customer and space-rocket branch, as well as enterprises specializing in producing optoelectronic telescopic complexes and space vehicles of Earth remote sensing take part. A technique of ranking optoelectronic telescopic systems according to the degree of influence on the target characteristics of a space observation system (linear ground resolution, frequency of observation, accuracy of georeferencing, efficiency of delivery of remote sensing information etc.), taking into account possible changes in the design parameters of remote sensing spacecraft and the cost of new projects is proposed. The technique is based on the use of software for preliminary estimates of mass-dimensional and other design parameters of ERS satellites depending on the preset performance targets of space systems. The method proposed makes it possible to carry out prompt analysis of the efficiency of implementing some technology connected with choosing the design characteristics of Earth remote sensing space satellites equipped with optoelectronic telescopic systems.

*Spacecraft, Earth remote sensing, optoelectronic telescope complex, target characteristics, design parameters, costs, ranking.*

### References

1. Gonin G.B. *Kosmicheskie s"emki Zemli* [Space survey of the Earth]. Leningrad: Nedra Publ., 1989. 252 p.
2. Kurenkov V.I., Salmin V.V., Abramov B.A. *Osnovy ustroystva i modelirovaniya tselevogo funktsionirovaniya kosmicheskikh apparatov nablyudeniya: uch. posobie* [Basics of the device and modeling of target functioning of observation spacecraft]. Samara: SSAU Publ., 2006. 295 p.
3. Aronov A.M., Danilov V.A., Nikiforov V.O., Savitskiy A.M., Sokol'skiy M.N. *Optiko-elektronnye sistemy dlya distantsionnogo zondirovaniya Zemli* [Optoelectronic systems for remote sensing of the Earth]. Available at: [www.lomo-tech.ru/photos/lomo\\_kosm\\_otkr.pdf](http://www.lomo-tech.ru/photos/lomo_kosm_otkr.pdf).
4. Kurenkov V.I., Salmin V.V., Prokhorov A.G. *Metodika vybora osnovnykh proektnykh kharakteristik i konstruktivnogo oblika kosmicheskikh apparatov nablyudeniya: uch. posobie* [Practice of choosing basic design characteristics and conceptual design of observation spacecraft]. Samara: SSAU Publ., 2007. 296 p.

---

*Citation:* Stratilatova N.N., Kurenkov V.I., Kucherov A.S., Egorov A.S. Procedure of comparative assessment of the efficiency of Earth remote sensing satellites with different optoelectronic telescopic complexes. *Vestnik of the Samara State Aerospace University*. 2016. V. 15, no. 2. P. 80-89. DOI: 10.18287/2412-7329-2016-15-2-80-89

5. Chernaya O.A. The price of launching a rocket launch as one of the key factors of international competitiveness. *Vestnik Donetskogo universiteta. Seriya V: Ekonomika i pravo*. 2007. No. 2.P. 219-227. (In Russ.)

6. Malamed E.R. *Konstruirovaniye opticheskikh priborov kosmicheskogo bazirovaniya: uch. posobie* [Designing of space-based optical sensors]. Saint-Petersburg: ITMO University, 2002. 291 p.

7. *KH-11 16 (Crystal 16, NROL 65) – voennyi sputnik SShA (Optiko-elektronnaya razvedka)* [KH-11 16 (Crystal 16, NROL 65)].

Available at: <http://mapgroup.com.ua/kosmicheskie-apparaty/26-kosmicheskie-apparaty-ssha/389-kh-11-kennan-crystal-kristall-ili-key-hole>.

8. Improved - Advanced Crystal / IKON / «KH-12» Reconnaissance Imaging Spacecraft. Available at: <http://www.globalsecurity.org/space/systems/kh-12.htm>

### About the authors

**Stratilatova Nataliya Nikolaevna**, Head of Bureau, JSC Space Rocket Center «Progress», Samara, Russian Federation. E-mail: [stratilatova\\_nat@mail.ru](mailto:stratilatova_nat@mail.ru). Area of Research: efficiency of introducing intellectual property objects in the space-rocket area.

**Kurenkov Vladimir Ivanovich**, Doctor of Science (Engineering), Professor, Professor of the Department of Space Engineering, Samara National Research University, Samara, Russian Federation. E-mail: [kvi.48@mail.ru](mailto:kvi.48@mail.ru). Area of Research: design, modeling target operation, reliability of launch vehicles and observation spacecraft.

**Kucherov Alexander Stepanovich**, Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor of the Department of Space Engineering, Head of the Department of Space Engineering, Samara National Research University, Samara, Russian Federation. E-mail: [ask@ssau.ru](mailto:ask@ssau.ru). Area of Research: design, modeling target operation, reliability of launch vehicles and space observation satellites, operation analysis.

**Egorov Alexander Svyatoslavovich**, design engineer of two category, JSC Space Rocket Center «Progress», Samara, Russian Federation. E-mail: [egorov063@mail.ru](mailto:egorov063@mail.ru). Area of research: cost-effectiveness of modeling target operation of observation spacecraft.