

УДК 338.45

Методический подход к оценке конкурентоспособности ракетно-космической техники коммерческого назначения

Галькевич И.А.

Предприятие "Агат", ул. Бутырский вал, 18, Москва, 125047, Россия

e-mail: i.galkevich@gmail.com

Аннотация

Рассмотрены основные методы, используемые для определения технического уровня и конкурентоспособности изделий ракетно-космической техники (РКТ). Применение данных методов позволяет комплексно определять технический уровень разрабатываемых и выпускаемых изделий РКТ, отслеживать во времени динамику их развития, а также оценивать их конкурентоспособность относительно иностранных аналогов.

Ключевые слова: ракетно-космическая техника, космический аппарат, космическая платформа, тактико-технические характеристики, технический уровень, конкурентоспособность.

Введение

Технический уровень изделия РКТ представляет собой систему показателей, характеризующую качественные свойства изделия, общую эффективность его технических систем и соответствие лучшим мировым аналогам [1].

Существуют несколько видов оценки технического уровня:

В абсолютных значениях, что позволяет в динамике сравнивать тенденции развития технического уровня изделий ракетно-космической техники и производить оценку их дальнейшей эволюции;

В относительных значениях, что позволяет сравнивать общий технический уровень изделий РКТ, который определяется на основе сравнения с показателями базового образца (реального или гипотетического), являющегося материализацией современного уровня технологического развития космической техники.

Для оценки технического уровня изделий РКТ применяются следующие методики:

Метод удельных показателей

Применяется для изделий, характеризующихся довольно полно одним или несколькими основными тактико-техническими характеристиками: стартовая (сухая) масса, масса полезного груза, тяга, энергетическая мощность, количество транспондеров, пропускная способность, разрешение оптико-электронной аппаратуры и др.

Удельный метод также используется при определении показателя конкурентоспособности изделий РКТ:

$$K_n = \frac{C_n}{Q_n}, (1)$$

Где: C_n – коммерческая стоимость изделия РКТ; Q_n - показатель технического уровня изделия РКТ, который может описываться как одной основной, так и общеинтегральной технической характеристикой.

Показатели удельной стоимости в оценке конкурентоспособности выражают коммерческую привлекательность продукции и определяются на основе рыночной стоимости изделий РКТ. Удельные стоимостные показатели показывают цену единицы основного технико-экономического параметра [2]. Например, для ракета-носителей таким основным технико-экономический параметром является стоимость вывода 1 кг полезного груза на космическую орбиту.

Балльный метод

Используется при невозможности выделить главный (основной) технический параметр. Метод основан на экспертных оценках значимости тактико-технических характеристик изделия:

$$Q_n = \sum_{i=1}^{l_1} \alpha_i \frac{x_{in}}{\max(x_{i1}; x_{im})} + \sum_{i=1}^{l_2} \beta_i \frac{\min(y_{i1}; y_{im})}{y_{in}}, \quad (2)$$

где: Q_n – показатель технического уровня n-го изделия из общего числа m сравниваемых изделий РКТ; x_{in} – технические характеристики изделия, абсолютные значения которых стремятся увеличить: тяга, энергетическая мощность, пропускная способность и др.; l_1 – число этих характеристик; Для данного типа параметров сравнение i-й технической характеристики изделия

и ведется с максимальной i -й технической характеристикой из всех анализируемых изделий РКТ; y_{in} - технические характеристики, абсолютные значения которых стремятся уменьшить: стартовая и сухая масса, разрешающая способность, точность ориентации и др.; l_2 - число этих характеристик; сравнение технических параметров данного типа ведется с минимальной i -й технической характеристикой из всех анализируемых изделий; α_i, β_i - весовые коэффициенты, назначаемые экспертами, показывают степень значимости рассматриваемых i -х технических параметров.

$$\sum_{i=1}^{l_1} \alpha_i + \sum_{i=1}^{l_2} \beta_i = 1, (3)$$

Метод интегральных мультипликативных показателей

Основан на определении влияния набора основных технических характеристик изделия на эффективность его функционирования.

Для спутников связи и вещания эффективность их функционирования (β) за весь срок активного существования рассчитывается следующим образом:

$$\beta = \Phi \times E \times T = \frac{\Phi \times P \times T}{M}, (4)$$

где: Φ - общая пропускная способность КА, [мБит/сут]; E - показатель энергетики спутника связи и вещания; T - срок активного существования КА, [сут]; P - мощность, вырабатываемая системой

энергообеспечения КА в конце срока активного существования, [Вт]; М - масса спутника, [кг].

Оценка конкурентоспособности и технического уровня космических систем связи (КСС)

Оценка конкурентоспособности КСС проводится на основе определения удельной стоимости создания канала связи пропускной способностью 1Мбит/сек.– Λ . В соответствии с уравнением (1) $\Lambda = \frac{C_{КСС}}{Q_{КСС}}$;

$$\Lambda = \frac{C_{сис}}{\Phi}, \quad (5)$$

где: $C_{сис}$ – стоимость создания системы спутниковой связи, [млрд. руб]; Φ – общая информационная пропускная способность КСС, [Мбит/сут].

Общая информационная пропускная способность космической системы связи рассчитывается следующим образом:

$$\Phi = N_{КА} N_{КАН} V_{КАН} \sigma, \quad (6)$$

где: $N_{КА}$ – количество основных активных космических аппаратов, входящих в КСС, [шт]; $N_{КАН}$ – количество каналов связи, размещенных на космическом аппарате, [шт]; $V_{КАН}$ – скорость потока информации, создаваемого каналом связи, [Мбит/сут]; σ – коэффициент, отражающий снижение пропускной способности КА за счет прерывания сеансов связи, возникновения ошибок, ограниченности непрерывного функционирования КА и т.д. Измеряется в долях единицы.

Для оценки энергоинформационной эффективности космического аппарата, используется коэффициент μ , который показывает, какое количество энергии необходимо спутнику для формирования канала пропускной способностью 1 Мбит/сек.

$$\mu = \frac{P}{\Phi}, \quad (7)$$

где: P - средняя мощность, вырабатываемая солнечными батареями КА, [Вт], Φ – пропускная способность космического аппарата, [Мбит/сек].

Технический уровень космических аппаратов

Коэффициент технического уровня связного спутника рассчитывается следующим образом:

$$Q_{\text{св}}^{\text{КА}} = \frac{\Phi T}{M_{\text{КА}}}, \quad (8)$$

Где: Φ - пропускная способность космического аппарата связи, [Мбит/сут] (при невозможности определения пропускной способности, выраженной в Мбит/сут, допускается измерение пропускной способности КА в приведенном количестве транспондеров [3]); T – срок активного существования КА, [дней]; $M_{\text{КА}}$ - масса КА, [кг].

Одним из вариантов расчета коэффициента технического уровня космического аппарата дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) является:

$$Q_{\text{св}}^{\text{ДЗЗ}} = \frac{\Psi T}{M_{\text{КА}}}, \quad (9)$$

где: ψ – объем информации, передаваемой с борта спутника ДЗЗ в виде панхроматических и мультиспектральных снимков, [Мбит/сут]; T – срок активного существования КА, [дней]; $M_{КА}$ – масса КА, [кг].

Определение технического уровня платформы космического аппарата (ПКА)

Определение коэффициента технического уровня ПКА зависит прежде всего от того, в какой прикладной области используется космическая платформа и какие технические параметры являются ключевыми для реализации всех поставленных перед ней задач. Таким образом, по своему основному назначению выделяется три основных типа космических платформ:

- Космические платформы для предоставления услуг связи;
- Космические платформы для дистанционного зондирования земли;
- Космические платформы для фундаментальных космических исследований.

Расчет общего технического уровня производится на основе сравнения удельных и общих технических параметров платформы с параметрами базовой платформы, которая является технологическим лидером в данном классе космических платформ:

$$Q_{сз} = \alpha \left(\frac{M_{пн}}{M_{пл}} / \frac{M_{пнбаз}}{M_{плбаз}} \right) + \beta \left(\frac{P}{M_{пл}} / \frac{P_{баз}}{M_{плбаз}} \right) + \gamma \left(\frac{T}{M_{пл}} / \frac{T_{баз}}{M_{плбаз}} \right) =$$

$$= \frac{M_{плбаз}}{M_{пл}} \left(\alpha \frac{M_{пн}}{M_{пнбаз}} + \beta \frac{P}{P_{баз}} + \gamma \frac{T}{T_{баз}} \right), (10)$$

где: $M_{\text{пн}}$ - масса полезной нагрузки, [кг]; $M_{\text{пл}}$ - масса платформы, [кг];
 P – мощность, вырабатываемая платформой для обеспечения функционирования целевой аппаратуры КА, [кВт]; T – срок активного существования платформы, [лет]; α, β, γ - весовые коэффициенты, характеризующие значимость конкретных параметров в формировании общего технического уровня КП. При назначении весовых коэффициентов необходимо выполнение условия $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

$$Q_{\text{дзз}} = \frac{M_{\text{плбаз}}}{M_{\text{пл}}} \left(\alpha \frac{M_{\text{пн}}}{M_{\text{пнбаз}}} + \beta \frac{P}{P_{\text{баз}}} + \gamma \frac{T}{T_{\text{баз}}} + \delta \frac{\tau_{\text{о}}}{\tau_{\text{обаз}}} + \varepsilon \frac{\tau_{\text{с}}}{\tau_{\text{сбаз}}} \right), (11)$$

где: $\tau_{\text{о}}$ - точность ориентации платформы космического аппарата, [град] $\tau_{\text{с}}$ -точность стабилизации платформы, [град]. Необходимое условие $\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon = 1$.

$$Q_{\text{фки}} = \frac{M_{\text{плбаз}}}{M_{\text{пл}}} \left(\alpha \frac{M_{\text{пн}}}{M_{\text{пнбаз}}} + \beta \frac{P}{P_{\text{баз}}} + \gamma \frac{T}{T_{\text{баз}}} + \delta \frac{\tau_{\text{о}}}{\tau_{\text{обаз}}} + \varepsilon \frac{\tau_{\text{с}}}{\tau_{\text{сбаз}}} + \zeta \frac{I}{I_{\text{баз}}} \right), (12)$$

где: I -объем передаваемой информации по радиолинии с платформы космического аппарата на землю, [Мбит/сут]. Необходимое условие $\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta = 1$.

В зависимости от специфики решаемых платформой задач, состав расчетных параметров, имеющих ключевое значение, может быть пересмотрен.

В целом, применение рассмотренных методов позволяет комплексно определять технический уровень разрабатываемых и выпускаемых изделий

РКТ, отслеживать во времени динамику их развития, а также оценивать их конкурентоспособность относительно иностранных аналогов.

Библиографический список

1. Чурсин А.А., Васильев С.А. Конкуренция, инновации и инвестиции. М.: Машиностроение . 2011. 477с.
2. Филофова Т.Г., Быков В.А. Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность . М.: Юнити-Дана. 2012. 452с.
3. Поздняков Ю.А. Спутниковые системы связи и вещания. М.: Радиотехника. 2005. 398с.