

УДК 336.63
DOI: 10.26140/anie-2020-0902-0014

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА СОЗДАНИЯ ФИНАНСОВЫХ МОДЕЛЕЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ИНДУСТРИИ ДЛЯ МАЛЫХ СПУТНИКОВ

© 2020
SPIN: 2841-8283
AuthorID: 887482
ResearcherID: E-3892-2016
ORCID: 0000-0003-4261-7124
ScopusID: 57207841851

Мосолова Нина Александровна, старший преподаватель
Департамента экономических наук

SPIN: 9606-4722

Билецкий Владимир Александрович, магистрант
Дальневосточный федеральный университет

(690922, Россия, Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10 к. 8, e-mail: biletckii.val@students.dvfu.ru)

Аннотация. В настоящий момент в России и в мире помимо тенденций глобализации и персонализации наблюдается тенденция к цифровизации экономики, к проявлению таких тенденций как IoT, Big Data, Blockchain и другие. Так при развитии данных тенденций и стремительном развитии интернета, ресурсов спутников на низкой орбите не хватит для всех потенциальных абонентов, как следствие, необходимо увеличивать предложение емкости с фокусом на цифровых технологиях. А так как на низкую орбиту запускаются малые спутники, спрос на них со временем будет увеличиваться. Ввиду специфики космической индустрии, закрытости данных, необходимо провести исследование, позволяющее систематизировать информацию о финансовых моделях в данной области и выявить модели наиболее подходящие для проектирования малых спутников. По результатам проведенной работы, были классифицированы финансовые модели космических систем по следующим признакам: тип проекта, подход финансового моделирования и стадия реализации проекта. Также было проведено сравнение наиболее распространенных моделей и определена модель удовлетворяющая потребностям рынка. Авторами был выявлен недостаток большинства финансовых моделей, ввиду их ориентации на формирование затрат по проекту, без моделирования источников дохода.

Ключевые слова: финансовая модель, малый спутниковый аппарат, космическая индустрия, методы оценки затрат, структурная декомпозиция работ, параметрический метод, разработка космической системы, многоспутниковая группировка связи.

EXPLORATION OF INTERNATIONAL EXPERIENCE IN CREATING FINANCIAL MODELS IN THE SPACE INDUSTRY FOR SMALL SATELLITES

© 2020

Mosolova Nina Alexandrovna, senior lecturer
Department of Economic Sciences

Biletsky Vladimir Alexandrovich, master's student
Far Eastern Federal University

(690922, Russia, Vladivostok, Russky Island, Ajax settlement, 10 k. 8, e-mail: biletckii.val@students.dvfu.ru)

Abstract. Currently, in Russia and in the world, along with the trends of globalization and personalization, there are tendencies towards digitalization of the economy, to the manifestation of such trends as IoT, Big Data, Blockchain and others. This means that all potential subscribers have everything necessary to expand their capabilities. Orbits are launched by small satellites, the demand for them will increase over time. The introduction of the specifics of the space industry, proprietary data, it is necessary to conduct a study to systematize information on financial models in this area and identify models that are most suitable for the development of small satellite devices. According to the results of the paper, financial models of space systems were classified according to the following criteria: type of project, approach to modeling and stage of project implementation. A comparison was also made of the most common models and models to meet the needs of the market. The authors revealed a shortcoming of most financial models, due to their focus on the formation of project costs, without modeling revenue sources.

Keywords: financial model, small satellite, space industry, cost estimation methods, structural decomposition of works, parametric method, development of a space system, multi-satellite communication grouping.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках технико-экономического обоснования космических систем, финансовое моделирование занимает важное место, так как затраты на реализацию проектов в данной области исчисляются миллионами долларов США. Также использование финансовой модели позволяет ответить на ряд существенных вопросов, какой объём первоначальных инвестиций необходим; насколько перспективен, окупаем проект и способен ли он генерировать прибыль.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для того чтобы говорить о финансовых моделях космических систем, необходимо определить понятие финансовой модели в данной работе, так как различные учёные и исследователи вкладывают отличные определения в данный термин. Авторское определение финансовой модели представлено ниже.

Финансовая модель – теоретическая модель, показывающая движение входящих и исходящих денежных потоков, используемая для оценки эффективности, инве-

стиционной привлекательности проекта и его планирования. Где под теоретической моделью подразумевается совокупность логически взаимосвязанных абстрактных понятий, описывающих предметную область исследования.

В процессе исследования международного опыта создания финансовых моделей для космических систем были выявлены особенности моделирования, заключающиеся в том, что большинство моделей не ориентируются на входящий денежный поток, а представляют собой поток расходов, создающий только затраты для проекта. Однако существуют частные случаи моделей, подразумевающие получение входящего денежного потока за счёт полезной нагрузки на космическом корабле или спутнике [1].

Под полезной нагрузкой подразумевается модуль, подключенный к коммерческому спутнику с помощью схемы связи, который работает независимо от основного космического корабля, но разделяет источник питания спутника и приемопередатчики. Эта концепция также

упоминается как «автостоп». Необходимым условием для размещения полезной нагрузки на спутнике является разработанная или модифицированная архитектура системы «главного» спутника, позволяющая размещать одну или несколько полезных нагрузок, учитывающая требования к питанию, технологии и другие характеристики, которые должны поддерживаться спутниковой платформой [2]. Размещенная полезная нагрузка обычно принадлежит стороннему оператору, но также может быть предметом лизинга, оперативного или иного соглашения о финансировании, когда сторонний оператор может иметь право на использование размещенной полезной нагрузки без фактического права собственности.

Размещенная полезная нагрузка чаще всего используется правительственными агентствами, стремящимися иметь возможности связи на орбите, не оплачивая затраты на строительства и запуска всего государственного спутника. Использование размещенной полезной нагрузки на коммерческом спутнике может сократить как затраты, так и время, необходимое для вывода коммуникационных возможностей в космос [3].

Помимо концепции полезной нагрузки для создания входящего денежного потока можно использовать существующие финансовые модели, изменив их в соответствии с поставленными задачами. Для подобных изменений существующих моделей, необходимо иметь твердые основания. Но руководство по финансовому моделированию Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) позволяет вносить необходимые правки для целей моделирования [4].

В своей работе «Моделирование стоимости спутниковой группировки: агрегатная модель» исследователи из Массачусетского Технологического Университета предлагают в рамках моделирования затрат использовать параметрический метод совместно с методом аналогов для повышения точности оценки [5].

В рамках данного исследования были систематизированы данные о финансовых моделях в космической сфере на базе данных NASA [6].

На основе собранных данных о моделях были определены критерии систематизации, к ним относятся:

1. Метод оценки затрат;
2. Стадия реализации проекта;
3. Тип проекта.

Среди методов оценки стоимости выделяют следующие основные подходы [7]:

1. Метод оценки по аналогам;
2. Параметрический метод;
3. Метод «снизу вверх».

Первые два метода относятся к группе методов «сверху вниз», которые используются для оценки стоимости на ранней стадии жизни проекта, в период, когда детализированная информация о проекте отсутствует или сильно ограничена. Сильной стороной данных методов является быстрота расчетов и их дешевизна оценки. Слабой стороной являются не высокая точность оценки, ввиду слабой детализации [8].

Метод оценки по аналогам основан на использовании стоимостных данных аналога или прототипа с учётом корректировок относительно проектных параметров (масса, мощность и другие) [9]. Данный метод базируется на идеи, что все сопоставимые проекты или продукты чем-то схожи между собой. Если разница между сопоставимыми проектами будет слишком велика, то оценка будет произведена неверно и наоборот.

Параметрический метод основан на нахождении статистической зависимости между стоимостью части проекта (продукта) и другими параметрами (переменными), полученной на основе исторических данных по другим проектам, а именно их стоимость и технические или физические характеристики. Таким образом, подставляя значения собственного проекта в «ячейки» с параметрами можно получать стоимостную оценку каждой

отдельной части проекта [10].

Метод «снизу-вверх» основан на применении структурной декомпозиции работ (СДР) с последующим дроблением её составных частей на более мелкие элементы до тех пор, пока не появится возможность оценить с высокой точностью каждый элемент. Данный метод является одним из наиболее точных в оценке стоимости проектов, а также наиболее дорогим [11].

Следующим критерием для классификации финансовых моделей является «стадия реализации проекта».

Для наглядности информация о стадиях реализации проекта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Стадии реализации космического проекта [12]

Стадия	Тип активности и продуктовый результат
Pre-A: разработка концепции	Разработать концепцию проекта; Определить и привлечь стейкхолдеров; Классифицировать риски проекта; Структурная декомпозиция работ; Определить роли и обязанности членов команды.
A: доработка концепции и разработка технологии	Доработка документов, разработанных на предыдущей стадии; Определение требований к проекту различного уровня; Разработка и построение базовой архитектуры проекта; План оценки персонала и проведение первоначальной оценки.
B: предварительный проект и окончание технологической разработки	Просмотр и обновление документов из предыдущих этапов; Разработка предварительного дизайна (прототипа); Повышение точности в моделях оценки и в прототипах; Разработка плана по оценке орбитального мусора, плана по снятию с эксплуатации и плана утилизации; Выявление и обновление рисков; Разработка плана безопасности.
C / D: окончательный дизайн, изготовление, тестирование, сборка и запуск	Разработка и документирование детального проектирования аппаратного и программного обеспечения; Тестирование прототипа; Изготовление и запуск продукта проекта; Обновление рисков; Завершение разработки пакета данных безопасности; Определение возможности для улучшения продукта; Уточнение орбитальной оценки мусора.
E: операционная деятельность	Обеспечение постоянной поддержки проекта; Формирование необходимого объема запасов; Ведение журналов операций и обслуживания; Обеспечение обновления системы; Решение проблем / сообщений об ошибках; Обработка и анализ данных проекта; Обновление рисков проекта.

Как видно из таблицы выше, стадии реализации проекта представляют исчерпывающее количество работ, связанных с жизненным циклом проекта от стадии идеи до операционной деятельности. Безусловно, возможна детализация существующих активностей и продуктовых результатов на более мелкие с целью повышения точности в оценке объема работ, но для решения текущей задачи данной детализации достаточно.

Следующим критерием для систематизации финансовых моделей является «тип проекта». Под типом проекта подразумевается разделение моделей на две группы:

- 1) ориентированные на моделирование разработки космической системы с нуля (преимущественно применяется к проектам на ранних стадиях жизненного цикла);
- 2) ориентированные на моделирование операционных затрат (преимущественно применяется к детализи-

рованным проектам на поздних стадиях разработки проекта).

Основываясь на собранных данных о моделях и предложенных критериях систематизации, была построена классификация финансовых моделей космических систем (смотреть рисунок 1).

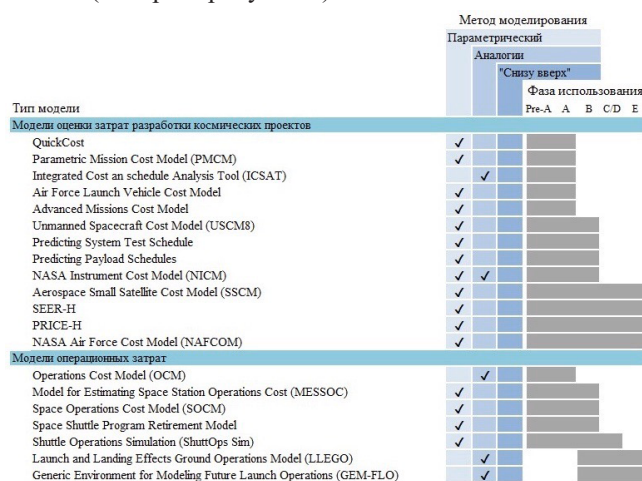


Рисунок 1 – Классификация финансовых моделей космических систем

В рамках данного исследования больший интерес представляет блок моделей оценки затрат разработки космических проектов, так как второй блок моделей ориентирован на прогнозирование и оценку операционных затрат проектов, а не сфокусирован на проектировании спутниковых аппаратов с «нуля».

Рассмотрим наиболее популярные и активно применяющиеся модели оценки затрат. В пяти ключевых областях:

1. Общая информация о модели;
2. Вводные данные, используемые моделью для оценки затрат;
3. Системное проектирование и входные данные для него;
4. Уровни жизненного цикла;
5. Области применимости.

The Small Satellite Cost Model (SSCM или Модель затрат малых спутников) – разработанная Аэрокосмической Корпорацией, представляет собой параметрическую модель затрат, состоящую из ряда математических отношений оценки стоимости, которые связывают стоимость космического аппарата с физическими, техническими и эксплуатационными параметрами, которые известны и предположительно оказывают сильное влияние на расходы по созданию аппарата. Основой этих взаимосвязей является база данных фактических затрат и технических параметров для более 35 современных малых спутников [13].

The Unmanned Space Vehicle Cost Model 8 (USCM8 или Модель затрат беспилотного космического корабля) – Tesolote Research, Inc. под руководством Центра космических и ракетных систем на авиабазе ВВС в Лос-Анджелесе, представляет собой инструмент параметрической оценки затрат на основе оценки стоимостных отношений, полученных из исторической базы данных. USCM8 была опубликована в октябре 2001 года и основана на 23 военных, 11 НАСА и 9 коммерческих программах [14].

NASA Air Force Cost Model (NAFCOM или Модель затрат НАСА и ВВС) – параметрическая модель затрат, основанная на исторических данных космических проектов НАСА и ВВС. Как и модели выше, NAFCOM базируется на оценке стоимостных отношений. Основная функция модели – это оценка стоимости разработки и производства для проектов на ранних стадиях разработки проекта [15].

Для более наглядного представления информации о рассматриваемых моделях предлагается свести остав-

шиеся пункты в таблицу 2.

Таблица 2 – Основные характеристики моделей SSCM, USCM8 и NAFCOM

Модель	Характеристика	Описание
SSCM		Использование ряда параметров, включая вес, мощность и другие первичные значения, являющиеся специфическими для системы, такие как конструкционные материалы и точечные нововведения.
USCM8	Вводные данные	Стоимость аппаратного обеспечения рассчитывается исходя из структурной декомпозиции работ с учётом веса каждого из элементов декомпозиции в сочетании с основными параметрами (физические, технические), а также специфическими параметрами, таким как количество каналов связи. Модель позволяет учитывать единовременные затраты (инвестиции на разработку прототипа) и периодические затраты, связанные с производством летательного оборудования.
NAFCOM		В основе лежит подход оценки стоимостных отношений, учитывающих различные параметры «стоимости первого фунта», веса, углов наклона и подобных параметров, применимых для расчёта стоимости элементов проекта в параметрической модели.
SSCM	Системное проектирование	Модель объединяет в себе системное проектирование, управление программой и интеграционную сборку с тестированием как единую стоимость. Системное проектирование и управление программой включают в себя обеспечение качества, надёжность, выполнение требований, управление программой, генерацию порта данных и специальные исследования, не связанные с конкретными спутниковыми подсистемами. С 2002 года в новых версиях модели системное проектирование не рассматривается как отдельная стоимость.
USCM8		Модель объединяет в себе системное проектирование, управление программой и интеграционную сборку с тестированием как единую стоимость, также как и в Модели затрат малых спутников.
NAFCOM		Возможна детализация затрат до уровня системы, подсистемы или выбранного компонента.
SSCM		Жизненный цикл модели охватывает создание и развитие космического аппарата, от управления до перехода к запуску и первоначальной проверке на орбите.
USCM8	Уровни жизненного цикла	Жизненный цикл охватывает разработку космического аппарата, его запуск и начальные операции на орбите. Модель включает в себя затраты на оборудование, а также затраты на анализ, проектирование, производство, интеграцию и усилия по тестированию, непосредственно связанные с каждым компонентом-подсистемой космического аппарата.
NAFCOM		Жизненный цикл охватывает разработку и производство космических аппаратов, а также сопутствующие операционные затраты.
SSCM		Государственные и коммерческие космические аппараты для земной орбиты и межпланетных программ, не включая полезную нагрузку. Для земных орбитальных и межпланетных космических аппаратов весом менее 1000 кг.
USCM8	Области применения	Военные, НАСА и коммерческие космические аппараты, включая полезную нагрузку связи.
NAFCOM		Модель применяется для оценки различных типов миссий (космический корабль с экипажем, космический корабль без экипажа и ракета-носитель) на уровнях подсистем или компонентов.

При рассмотрении данных моделей были выявлены различные сходство и различия, которые можно увидеть как на рисунке 1, так и в таблице 2. В рамках предъявляемых требований для создания финансовой модели многоспутниковой низкоорбитальной группировки связи было выявлено, что наиболее подходящей моделью является SSCM. Так как данная модель подходит для проектов на ранней стадии жизни, требуемые параметры для оценки стоимостных отношений доступны. Также среди всех перечисленных моделей, SSCM создана специально для спутников массой менее 1000 кг, то есть для спутников находящихся на низкой орбите, что косвенно должно повышать точность оценки затрат, ввиду попадания значений, вводимых данных, в допустимые диапазоны модели.

Для аргументации предположений рассмотрим пример из работы «Оценка затрат космических систем» профессора Дэвида Миллера Массачусетского Технологического университета.

Размер спутника			
Большой		Малый	
Объём производства	Немного	Примеры: GEO Comm. Hubble Space Tel.	Cost Model USCM 8
	Много	Примеры: GPS GOES Milstar	Cost Model USCM 8
	Немного	Примеры: Discovery Missions Explorer Missions MightySat Mission	Cost Model Aero. Corp. SSCM
	Много	Примеры: OrbComm Techsat 21 Iridium Globalstar	Cost Model Aero. Corp. SSCM

Рисунок 2 – Размер спутника против объёмов производства [16]

Как видно из рисунка выше, в разделе большого объёма производства, соответствующего малому размеру спутника находятся проекты Orbcomm, Iridium и Globalstar, являющиеся проектами низкоорбитальных многоспутниковых группировок связи с SSCM в основе финансовых моделей.

Ввиду этого, для моделирования затрат первого опытного образца и последующего серийного производства предлагается использовать параметрический метод SSCM.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги вышесказанному, необходимо отметить следующее, финансовые модели в области проектирования космических систем, не учитывая рассмотренные частные случаи, имеют один схожий недостаток, они не предполагают наличия операционных доходов, ввиду распространённого убеждения о космических аппаратах, как исключительно артефактах, создающих затраты. Поэтому предполагается, что в последующих работах будет предложена структура, позволяющая увязать в себе затратную и доходную составляющие в финансовой модели космической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. J. H. Saleh, F. Geng, A. Tien, R. A. Herd. *Beyond Cost Tools: Spacecraft Net Present Value and the Hosted Payload Paradigm*, 2015 [Electronic resource]. Access mode: https://www.researchgate.net/publication/282796127_Beyond_cost_tools_Spacecraft_net_present_value_and_the_hosted_payload_paradigm
2. A. Davidson, D. W. Kwon, P. Shannon. *Pricing a hosted payload*, 2012 [Electronic resource]. Access mode: https://www.researchgate.net/publication/254026872_Pricing_a_hosted_payload
3. S. Kaufman, R. Segal. *Hosted Satellite Payload Procurement: A Brief «How-To» Guide*, 2013 [Electronic resource]. Access mode: https://www.hoganlovells.com/~media/hogan-lovells/pdf/publication/hosted-satellite-payload-procurement-article-march-2013_pdf.pdf
4. NASA Cost Estimating Handbook Version 4.0, 2015 [Electronic resource]. Access mode: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/01_CE_H_Main_Body_02_27_15.pdf
5. V. Foreman. *Satellite Constellation Cost Modeling: An Aggregate Model*, 2016 [Electronic resource]. Access mode: https://esto.nasa.gov/forum/estf2016/PRESENTATIONS/Foreman_Lemigne_B1P4_ESTF2016

pdf

6. Official site National Aeronautics and Space Administration [Electronic resource]. Access mode: <https://www.nasa.gov/>
7. GAO Cost estimating and assessment guide. *Best practices for developing and Managing capital program costs*, 2009 [Electronic resource]. Access mode: <https://www.gao.gov/assets/80/77175.pdf>
8. Мирзоян Н. В. Управление стоимостью проекта [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.e-biblio.ru/book/bib/09_ekonomika/Ypr_stoimost_proekt/Posobie.html
9. Широков А. В., Чапрак Н. В. Оценка стоимости инновационного продукта на разных стадиях проектирования // Инновации. 2016. №1 (207). С. 109-114.
10. Полковников А.В., Дубовик М.Ф. Управление стоимостью проекта: действия менеджера и команды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cfin.ru/management/finance/capital/valman.shtml>
11. Степанов А. Методы для оценки затрат проекта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://spark.ru/startup/ganttpro/blog/31529/4-metoda-dlya-otsenki-zatrat-proekta>
12. NASA Systems Engineering Handbook, 2017 [Electronic resource]. Access mode: <https://www.nasa.gov/connect/ebooks/nasa-systems-engineering-handbook>
13. R. Valerdi, M. Ernstoff, P. H. Mohlman, D. Reifer, E. Stump. *Systems Engineering Sizing in the Age of Acquisition Reform* [Electronic resource]. Access mode: <https://csse.usc.edu/events/2003/systems.pdf>
14. B. Fox, K. Brancato, B. Alkire. *Guidelines and Metrics for Assessing Space System Cost Estimates*, 2008 [Electronic resource]. Access mode: https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR418.html
15. NASA Air Force Cost Model [Electronic resource]. Access mode: <https://www.nasa.gov/offices/ooo/NAFCOM.html>
16. D. W. Miller, J. Keese, C. Jilla. *Space Systems Cost Modeling* [Electronic resource]. Access mode: https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-851-satellite-engineering-fall-2003/lecture-notes/115_costmodellec.pdf
17. Wertz, James Richard., and Wiley J. Larson. *Space Mission Analysis and Design*. 3rd ed. Torrance, CA: Microcosm, 1999. Print.

Статья поступила в редакцию 12.03.2020

Статья принята к публикации 27.05.2020