

УДК 629.76/.78: 65.011.46

Методический подход к предварительной оценке экономической целесообразности использования композитных материалов в условиях предпроектных исследований

Methodological approach to assessing the economic feasibility conditions of the composite materials using under conditions of pre-design studies

В статье рассмотрен методический подход определения экономической целесообразности внедрения композитных материалов на ранних этапах проработки проектов создания РКТ в условиях недостаточности данных и волатильности исходных параметров.

The article consider a methodological approach to determining the economic feasibility of the composite materials introduction at RCT projects in conditions of insufficient data and volatility of the initial parameters.

Ключевые слова: композитные баки, ракета-носитель, композитные материалы, экономическая целесообразность.

Keywords: composite tanks, launch vehicle, composite materials, economic feasibility.



**ГОГИЯ
КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ**

Ведущий специалист отдела СВ и НКИ,
блок ТЭО Программ РКТ, АО «Организация
«Агат»

E-mail: GogiyKA@agat-roskosmos.ru

**GOGIYA
KONSTANTIN**

Leading Specialist, Unit for Launch Vehicles and Ground-based
Space Infrastructure, Block for Feasibility Study for RCT programs,
JSC "Organization "Agat"



ДОЩАНОВА ДИАНА РУСЛАНОВНА

Главный специалист отдела СВ и НКИ,
блок ТЭО Программ РКТ, АО «Организация
«Агат»

E-mail: DoshchanovaDR@agat-roskosmos.ru

DOSCHANOVA DIANA

Main Specialist, Unit for Launch Vehicles and Ground-based
Space Infrastructure, Block for Feasibility Study for RCT programs,
JSC "Organization "Agat"

**КУЗЬМИН АРТЁМ ОЛЕГОВИЧ**

Специалист отдела СВ и НКИ, блок ТЭО
Программ РКТ, АО «Организация «Агат»
E-mail: KuzminAO@agat-roskosmos.ru

KUZMIN ARTYOM

Specialist, Unit for Launch Vehicles and Ground-based Space
Infrastructure, Block for Feasibility Study for RCT programs, JSC
"Organization "Agat"

**СМИРНОВ ДМИТРИЙ ПЕТРОВИЧ**

Начальник отдела СВ и НКИ, блок ТЭО
Программ РКТ, АО «Организация «Агат»
E-mail: SmirnovDP@agat-roskosmos.ru

SMIRNOV DMITRIY

Head of Unit for Launch Vehicles and Ground-based Space
Infrastructure, Block for Feasibility Study for RCT programs, JSC
"Organization "Agat"

Введение

Композитные материалы становятся все более востребованными в различных отраслях мировой экономики. Особенно важное применение композиты находят в аэрокосмической промышленности. Рынок композитов демонстрирует стабильный рост и отражает растущий интерес к этим материалам. Однако при оценке экономической целесообразности использования композитных материалов в производстве ракетно-космической техники (РКТ) могут возникать определенные трудности. Проведение предпроектных исследований часто осложняется недостаточностью и неопределенностью исходных данных. В таких условиях становится крайне важным разработать методический подход к предварительной оценке экономической целесообразности внедрения композитных материалов в производство РКТ.

Рассмотрению методического подхода по проведению предварительной оценки экономической целесообразности использования композитных материалов в производстве РКТ посвящена данная статья.

Рынок композитных материалов

Суммарный объем рынка композитов в 2019 году составил 90 млрд долл., а в 2020-м – 95 млрд долл. что соответствует приросту 5,5% в год. К 2023 году мировой рынок композитных материалов может вырасти до 120 млрд долл., что означает устойчивую тенденцию к ежегодному ускорению темпов роста рынка на 0,6% [1]. Исходя из этих данных и экспертных оценок, можно прогнозировать увеличение спроса на композиты до 236 млрд. долл. в 2030 году (т.е. за 10 лет объем рынка должен увеличиться примерно в 2,5 раза). Учитывая динамику рынка композитов, можно сделать предположение, что на данный момент эта технология активно

замещает предшествующие, т.е. проходит стадию устойчивого развития, и может достигнуть точки наибольшей востребованности в течение следующих 10 лет, после чего может начаться её замещение более новой технологией. Переход на новую технологию может произойти не ранее, чем через 10 лет.

На рис. 1 показана динамика объема мирового рынка композитов за период с 2016 по 2030 гг.

Примерно 15% от общего объема рынка композитных материалов приходится на аэрокосмическую промышленность, что делает ее вторым крупнейшим сектором после транспортной отрасли [2]. На рис. 2 показана сегментация рынка композитов по отраслям в процентном соотношении.

Одним из основных сегментов в аэрокосмической промышленности является производство ракет-носителей. Для средств выведения применение композитных материалов началось с изготовления третьих ступеней первых американских ракет-носителей «Тор-Эйбл» и «Авангард» ещё в конце 50-х годов прошлого столетия [3] и активно продолжается по настоящее время (например, в твёрдотопливных ускорителях японских ракет Н-ПА и Н-ПВ).

Однако, если речь идёт о жидкостных ракетах, то до недавнего времени дело ограничивалось лишь небольшими композитными конструкциями. Например, переходник между ступенями на американской ракете Falcon-1 изготавливался из углепластика, а при модернизации российской тяжёлой ракеты «Протон-К» в «Протон-М» из углепластика стал производиться адаптер полезной нагрузки, имеющий сетчатую конструкцию и значительно меньший вес в сравнении с алюминиевым аналогом [4]. В современных носителях наиболее распространены головные обтекатели из композитных материалов. В российской ракетно-космиче-

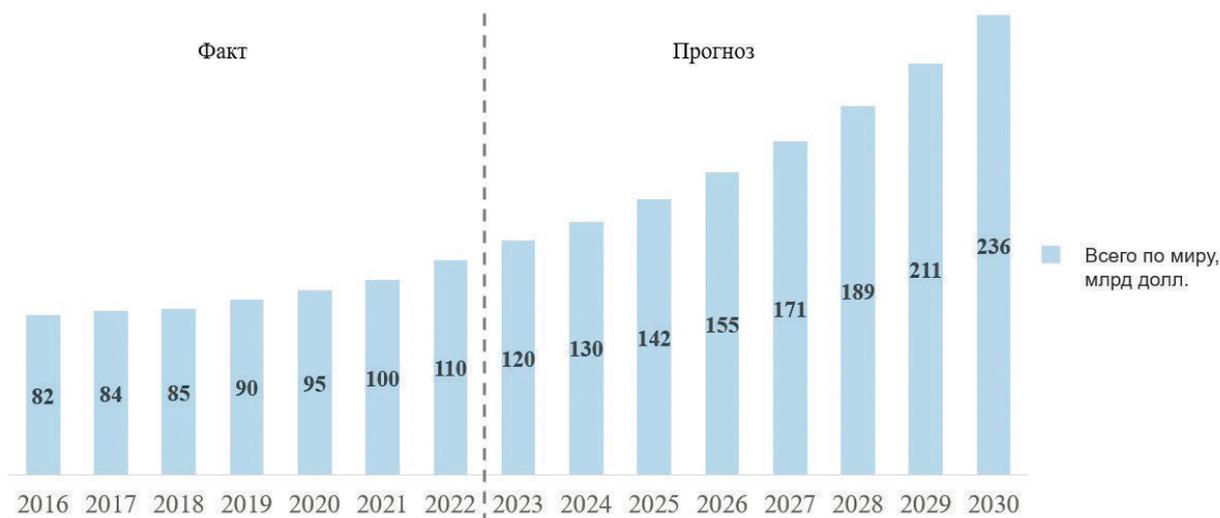


Рис. 1. Динамика объёма мирового рынка композитных материалов в 2016 – 2030 гг.

Источник: составлено авторами на основе данных по ряду источников (отчёты по рынку композитных материалов MarketsandMarkets, Kordsa, Grand View Research, Fior Markets, BCC Research) [1]

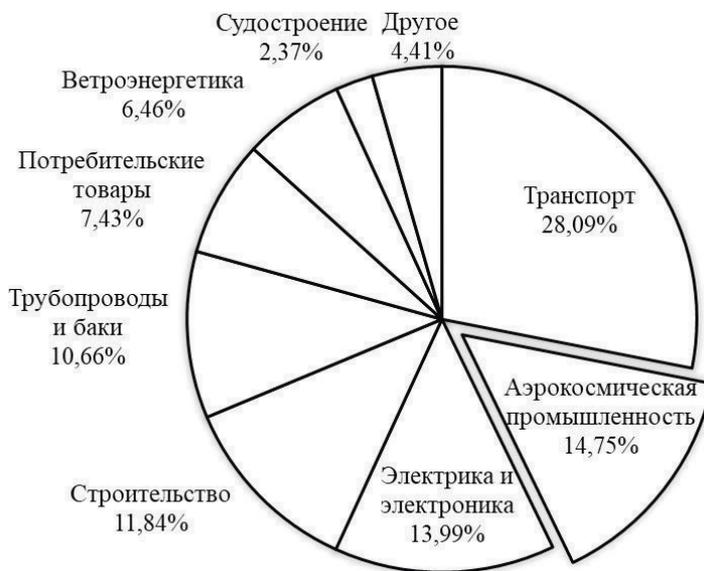


Рис. 2. Сегментация рынка композитных материалов по состоянию на 2019 год.

Источник: составлено авторами на основе данных Lucintel: Strategic Growth Opportunities in the Global Composites Industry – Декабрь, 2020 [2].

ской отрасли из полимерных композитов серийно производятся стеклопластиковые головные обтекатели для ракет-носителей «Союз» и углепластиковые головные обтекатели для ракет-носителей «Ангара».

В 2017 году произошло значительное событие, когда состоялся первый запуск сверхлегкой ракеты новой американо-новозеландской разработки Electron. Практически все основные элементы конструкции ракеты, такие как топливные баки обеих ступеней, цилиндрический корпус и головной обтекатель были изготовлены из углепластика.

Помимо ракеты Electron в последнее время многими

предприятиями и космическими агентствами разных стран началось рассмотрение, изучение возможностей и определение экономической целесообразности применения композитных материалов в составе изделий РКТ.

Методический подход к предварительной оценке экономической целесообразности использования композитных материалов

Решение о переходе на изделия из композитных материалов должно приниматься после проведения оценки технологической возможности и экономической целесообразности, которое затруднено ввиду недоста-

точности и/или волатильности исходных данных на ранних этапах реализации проектов РКТ. Поэтому на ранних этапах проработки вопроса перехода на изделия РКТ из композитных материалов предлагается рассмотреть методический подход к проведению предварительной оценки экономической целесообразности внедрения новых технологий.

Согласно данному подходу предварительная оценка проводится по следующим этапам [5]:

1. определение объема производства изделий с учётом спроса на продукцию, производительности линии и ограничений по последующим звеньям цепочки добавленной стоимости;
2. расчет объема требуемых инвестиций;
3. расчет точек безубыточности при данных параметрах проекта.

Первый этап включает расчет требуемых инвестиционных затрат по разработке и внедрению технологии создания производства композитных изделий РКТ, которые по техническим показателям совпадают или превосходят текущие изделия, изготавливаемые «традиционным» способом. Для этого на основании требуемых тактико-технических характеристик изделий необходимо рассчитать полную стоимость проекта по созданию

композитных изделий РКТ (или составных частей изделий РКТ). Полная стоимость проекта включает в себя стоимость следующих работ:

1. прикладные научно-исследовательские работы по оценке возможности создания изделия РКТ из композитных материалов;
2. опытно-конструкторские работы, включающие в себя разработку изделий РКТ, экспериментальное производство, отработку технологий и проведение наземной экспериментальной отработки, присвоение литеры;
3. опытно-конструкторские работы по дооборудованию инфраструктуры и проведению летных испытаний изделий РКТ, изготовленных с применением композитных технологий;
4. организация серийного производства композитных изделий для РКТ (создание производственных линий, монтаж оборудования, капитальное строительство).

На втором этапе рассчитывается годовой объем (диапазон) производства изделий, который определяется спросом на продукцию, производительностью линии и ограничениями на последующих звеньях цепочки добавленной стоимости (логистика, реализация, после-

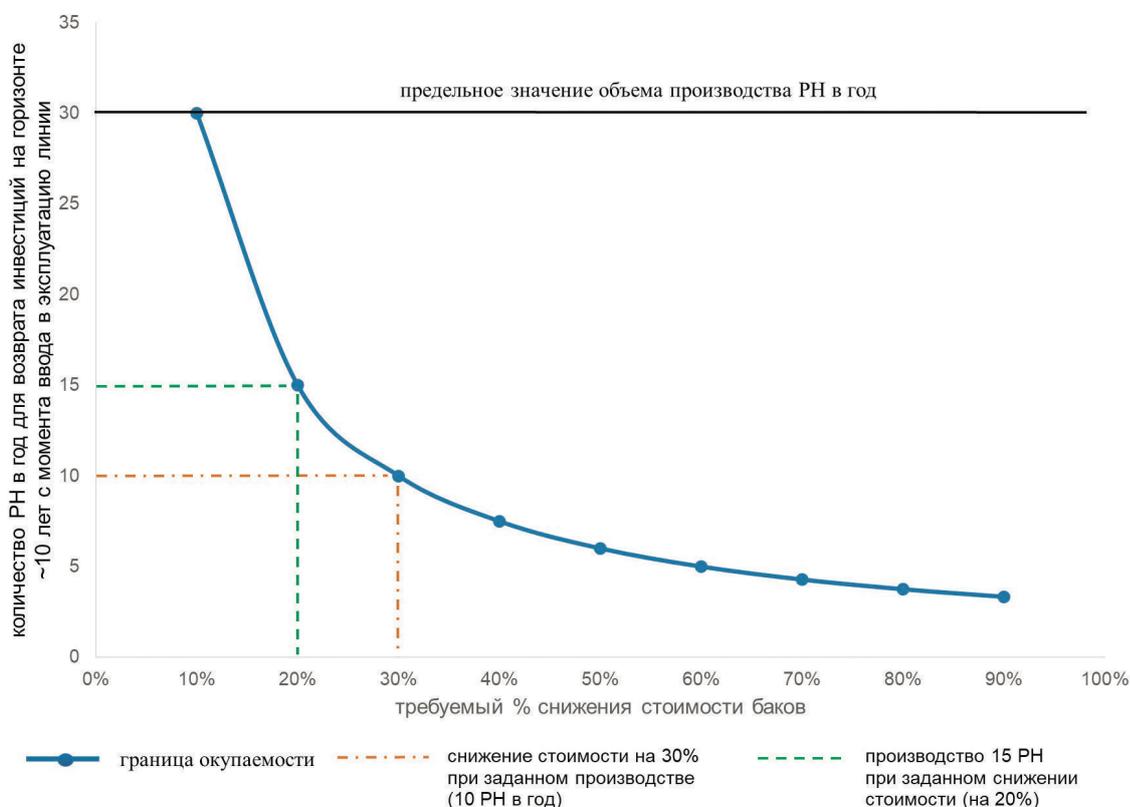


Рис. 3. График зависимости количества производства баков для РН в год и % снижения стоимости их производства (условные данные) для обеспечения окупаемости проекта (зона экономической эффективности – по линии графика и выше него). Источник: составлено авторами по методическому подходу, предложенному на 57-х научных чтениях, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского [5].

продажное обслуживание).

На третьем этапе рассчитываются точки безубыточности при требуемом объеме инвестиций. Для дискретных значений выбранного диапазона объема производства определяется такое значение снижения удешевления производства, при котором NPV (чистая приведенная стоимость) = 0.

Описанный выше подход может быть использован, в частности, для предварительной оценки экономической целесообразности производства топливных баков из композитных материалов для ракеты-носителя (РН).

Пример визуализации результатов проводимых оценок представлен на рис. 3.

На оси X отражено снижение затрат по сравнению с существующим производством баков. По оси Y указано количество произведённых РН за год, которое определяет количество изготавливаемых топливных баков. На рисунке синяя линия строится по точкам безубыточности ($NPV=0$), если значения проекта выше данной линии – проект окупается ($NPV>0$), ниже – не окупается ($NPV<0$). В примере, приведенном для данной статьи рассматривается 10-летний срок окупаемости с момента ввода в эксплуатацию производственной линии по изготовлению топливных баков из композиционных материалов.

Проведенные оценки позволяют сделать несколько выводов в зависимости от исходных данных. Если с учетом спроса и производственных возможностей известно, что планируется в течение 10 лет производить по 10 РН в год, то стоимость производства баков для достижения экономической эффективности должна снизиться как минимум на 30%. Если же по результатам проведенных НИР и ОКР известно, что внедрение композитных технологий снижает издержки производства баков на 20%, то понадобится производить как минимум 15 РН в год в течение 10 лет с момента запуска линии для окупаемости инвестиций.

Заключение

При проведении обоснования экономической целесообразности перехода к производству изделий РКТ из композитных материалов на ранних стадиях проектирования новых изделий с помощью представленного методического подхода появляется возможность рассчитать объем требуемых инвестиционных затрат, а также годовой объем производства изделий и точки безубыточности при требуемом объеме инвестиций для принятия решения о реализации проекта с использованием новых технологий.

Список литературы

1. Дориомедов М.С. Российский и мировой рынок полимерных композитов (обзор) – Усреднённые данные по ряду источников (отчёты по рынку композитных материалов MarketsandMarkets, Kordsa, Grand View Research, Fior Markets, BCC Research) [Электронный ресурс]. – URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1562
2. Отчёт Lucintel: Strategic Growth Opportunities in the Global Composites Industry – Декабрь, 2020
3. Статья TechInsider: Пластиковые ракеты: Ракетные материалы, часть 2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/7411-plastikovye-rakety-raketnye-materialy-chast-2/>
4. Антонов Ф., Аддитивные технологии для композитных материалов // журнал «Аддитивные технологии» № 3 – 2019 [Электронный ресурс]. – URL: <https://additiv-tech.ru/publications/additivnye-tehnologii-dlya-kompozitnyh-materialov.html>

5. Дощанова Д.Р., Гогия К.А. Определение экономической целесообразности использования композитных материалов на ранних этапах проектов создания РКТ // Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского Часть 2. – 2022. – С. 367 – 370.

List of literature

1. M.S. Doriomedov, Russian and global polymer composites market (review) – average data for a number of sources (reports on the composite materials market MarketsandMarkets, Kordsa, Grand View Research, Fior Markets, BCC Research) [Electronic resource]. – URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1562
2. Report Lucintel: Strategic Growth Opportunities in the Global Composites Industry – December, 2020
3. Article TechInsider: Plastic rocket: Rocket materials, part 2 [Electronic resource]. – URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/7411-plastikovye-rakety-raketnye-materialy-chast-2/>
4. F. Antonov, Additive technologies for composite materials, Magazine “Additive Technologies” № 3 – 2019 [Electronic resource]. – URL: <https://additiv-tech.ru/publications/additivnye-tehnologii-dlya-kompozitnyh-materialov.html>
5. D.R. Doschanova, K.A. Gogiya, Assessment of economic feasibility of composite materials application at an early stage of the project to create rocket and space technologies // Materials of the LVII th Scientific Readings devoted to the development of K.E. Tsiolkovsky’s scientific heritage and ideas, Part 2. – 2022. – p.367 – 370.

Рукопись получена: 17.03.2023

Рукопись одобрена: 19.06.2023