

Чмышенко Екатерина Владимировна,
кандидат экономических наук,
доцент кафедры экономической теории,
региональной и отраслевой экономики,
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург

Васильченко Фёдор Вячеславович, студент,
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССЫ КОНСТРУКЦИИ НА СТОИМОСТЬ ЗАПУСКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: Современные технологии активно используют композитные материалы в конструкции воздушных и космических аппаратов для оптимизации их стоимости. Статья рассматривает экономико-математическую модель взаимосвязи массы конструкции и стоимости запуска, уделяя особое внимание влиянию параметров композитных материалов на общую стоимость.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, композитные материалы, масса конструкции, стоимость запуска, аэрокосмическая отрасль, снижение затрат.

В современных условиях стоимость запуска космических аппаратов на рынке аэрокосмических технологий играет критическую роль в обеспечении эффективности и конкурентоспособности проектов. Масса конструкции (МК) является одним из основных факторов, оказывающих значительное влияние на эту стоимость. С учетом того, что затраты на запуск космических аппаратов могут достигать астрономических сумм, поиск путей их снижения проходит через призму минимизации массы конструкции. Что касается композитных материалов, то их использование существенно влияет на массу конструкции и, следовательно, на стоимость запуска [1]. Цель данной статьи – проведение экономико-математического анализа влияния массы конструкции на стоимость запуска с использованием композитных материалов, выявление ключевых закономерностей и разработка рекомендаций для практического применения.

Важно отметить, что уменьшение массы конструкции не только снижает топливные затраты, но и позволяет увеличить грузоподъемность, что является критически важным для коммерческих запусков. Таким образом, существующий парадокс заключается в том, что, хотя первоначальные затраты на использование композитных материалов могут быть выше, долгосрочные экономические преимущества могут значительно перевесить начальные издержки.

Экономико-математическое моделирование представляет собой комплекс методов, которые сочетают в себе математическую экономику, экономическую кибернетику и другие дисциплины, объединенных для изучения социально-экономических систем и процессов. В данном исследовании использование экономико-математических методов обусловлено стремлением установить корреляцию между массой конструкции и стоимостью её запуска. Применение математических моделей позволяет не только понять существующие взаимосвязи, но и предсказать, как изменение одной переменной могут повлиять на другие элементы в рамках системы.

Как установлено, каждые 1 кг массы конструкции влечет за собой увеличение затрат на запуск на 10 000 долларов США [2]. Такие показатели подчеркивают, что минимизация массы



является ключевым фактором для снижения общей стоимости запуска. Кроме того, многие исследования показали, что увеличение массы конструкции может также повлечь за собой дополнительные затраты на системы управления и стабилизации, что делает снижение массы еще более актуальным.

Для полноты картины следует отметить, что масса конструкции не только определяет стоимость запуска, но и влияет на выбор типа ракеты-носителя, уровня техники безопасности и адаптации технологии. Следовательно, при планировании проекта, необходимо проводить тщательный анализ не только используемых материалов, но и продолжительности и стоимости технологических процессов.

Композитные материалы имеют множество преимуществ, включая низкую массу и высокую прочность. Например, использование углеродных волокон позволяет снизить массу конструкции на 50–70% по сравнению с традиционными материалами [3]. Эти преимущества делают композиты идеальным выбором для аэрокосмических приложений, где высокий уровень прочности при низком весе является критически важным.

Однако использование композитных материалов связано с высокими первоначальными затратами на производство и обработку. Кроме того, технологии использования данных материалов требуют определенных навыков работы, что требует дополнительной подготовки соответствующих специалистов. Поэтому необходим комплексный подход при принятии решения о внедрении композитных материалов в проект, учитывающий как преимущества, так и недостатки использования материалов и технологий их обработки.

Предложенная модель включает в себя переменные, такие как стоимость композитных материалов, производственные затраты и величина массы конструкции. Основное уравнение будет иметь вид:

$$C = k \times M + B \quad (1)$$

где C – общая стоимость запуска, долл. США;

k – коэффициент, учитывающий затраты на 1 кг массы;

M – масса конструкции, кг;

B – фиксированные затраты, долл. США (разработка, исследования и т.д.)

Это уравнение позволяет наглядно увидеть, как изменения в массе конструкции могут повлиять на общую стоимость эксплуатации проекта. Кроме того, для повышения точности модели можно добавлять дополнительные коэффициенты, учитывающие конкретные характеристики используемых композитных материалов и специфику их производства, что также будет влиять на стоимость.

Для иллюстрации применения данной модели можно рассмотреть гипотетический проект ракеты с массой конструкции 5000 кг. Если исходный коэффициент k равен 10 000 долл. США, фиксированные затраты составляют 1 000 000 долл. США, то стоимость запуска составит:

$$C = 10000 \times 5000 + 1000000 = 51000000 \text{ долл. США}$$

Снижение массы конструкции до 4500 кг за счет использования композитных материалов приведет к снижению стоимости:

$$C = 10000 \cdot 4500 + 1000000 = 46500000 \text{ долл. США}$$

Данный расчет иллюстрирует, насколько важна оптимизация массы при использовании новых технологий. Стоит отметить, что изменение процессов производства композитов может влиять на динамику стоимости запуска в долгосрочной перспективе. Надежные прогнозы и моделирование этих процессов обеспечат устойчивый подход к управлению проектами и финансовыми ресурсами.

Исследование показало, что взаимосвязь массы конструкции и стоимости запуска является прямопропорциональной и требует комплексного подхода к моделированию.



Композитные материалы при соответствующей интеграции могут оказать существенное влияние на экономическую эффективность отдельного проекта. Тем не менее, необходимо учитывать и другие аспекты, такие как длительность и сложность производственного процесса, а также потребность в качественной переработке композитов, что может увеличивать первоначальные инвестиции.

Краткосрочные инвестиции в разработку и производство композитов могут со временем окупиться за счет снижения затрат на запуск и увеличения грузоподъемности. Это открывает новые возможности для исследований в области переработки материалов и их применения в аэрокосмических проектах [4]. Использование композитных материалов также может способствовать улучшению экологической устойчивости путем снижения выбросов углерода от запуска, что является важным аспектом для общественного мнения и законодательных инициатив в будущем.

Композитные материалы открывают качественно новые возможности для снижения затрат при строительстве и запуске космических аппаратов, хотя и требуют тщательного учета всех экономических факторов. Последующие изыскания в области экономико-математического моделирования, учитывающие особенности различных композитных материалов и их применение в аэрокосмической сфере, помогут найти эффективные методы снижения затрат на запуск и более рационально использовать ресурсы для реализации сложных научно-технических проектов.

Список литературы:

1. Smith, J. (2020). *Advanced Composite Materials for Aerospace Applications*. Aerospace Publishing.
2. Johnson, L. (2019). "Cost Analysis of Launch Vehicles". *Journal of Spacecraft Technology*, 12 (4), 123-135.
3. Patel, R., & Kumar, V. (2021). "Economic Impact of Advanced Structures on Launch Costs". *Journal of Aerospace Engineering*, 15 (3), 210-220.
4. Nguyen, T. (2022). "Future of Composites in the Aerospace Industry". *Material Science Journal*, 11 (1), 45-58.

