

**XXII КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»**

Перспективы применения арамидных композиционных материалов для термодеструктивных процессов в ракетно-космической технике

Максим Андреевич Аревков — старший преподаватель кафедры стартовые и технические ракетные комплексы.

Александра Дмитриевна Рычкова — студент специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов.

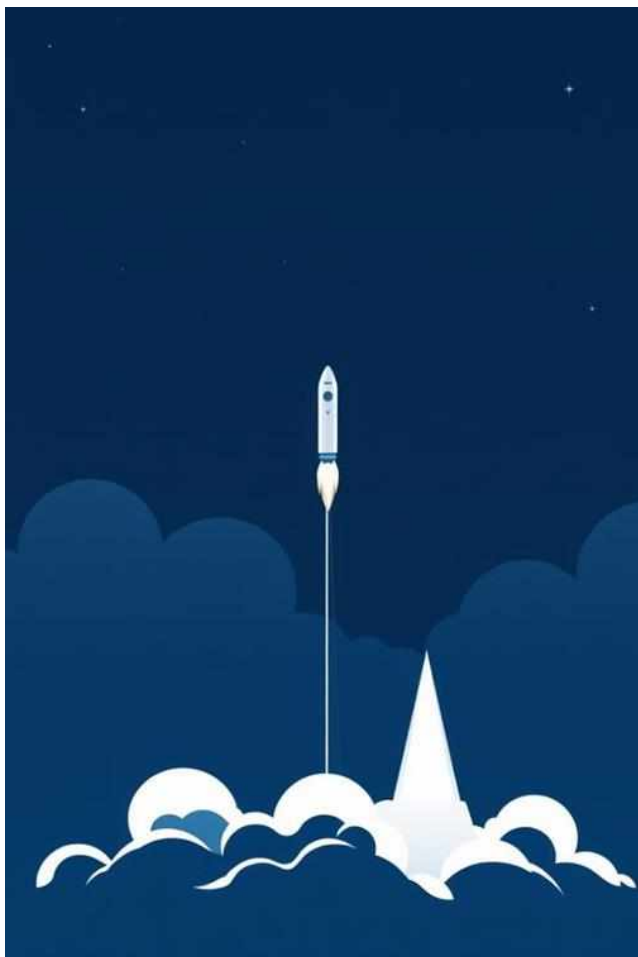
Цели и задачи

Целью является обоснование возможного применения арамидных композитных материалов в ракетно-космической технике с учетом их эксплуатационных характеристик и возможностей в области термодеструктивных процессов..

В соответствии с целью были определены следующие **задачи**:

1. Провести анализ физических и механических свойств арамидных волокон.
2. Сравнить арамидные волокна с традиционно используемыми материалами, такими как углеволокно и металлические сплавы.
3. Оценить адгезионные свойства различных типов полимерных смол (эпоксидные, полиэфирные) при взаимодействии с арамидными волокнами.
4. Изучить устойчивость арамидных композитов к высоким температурам и их способность к карбонизации, а также оценить воспламеняемость и возможность контролируемого сгорания арамидных композитов.
5. Выбрать наиболее подходящие энергетические материалы (ЭМ) для внедрения в структуру арамидных композитов.

Термодеструктивные процессы



1

Контролируемое сгорание

Арамидные композиты способны к контролируемому сгоранию, что важно для безопасного отделения элементов ракеты.

2

Энергетические материалы

Внедрение энергетических материалов позволяет достичь необходимых температур зажигания для сгорания отделяемых фрагментов.

3

Снижение воздействия на окружающую среду

Разработка материалов, способных полностью сгорать до попадания на землю, снижает негативное воздействие на окружающую среду.

Сравнение материалов

Характеристика	Арамиды	Углеволокно	Стеклопластик	Металлы
Плотность, г/см ³	≈ 1,45	≈ 1,75	≈ 2,5	≈ 2,7-8
Устойчивость к ударным нагрузкам	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая
Термостойкость, °C	≈ 400	≈ 300	≈ 200	≈ 500
Масса	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Цена (относительная)	Средняя	Высокая	Низкая	Дешевле КМ
Водопоглощение, %	3,5 - 4,5	> 0,5	0,1 - 0,2	0
Предел прочности, МПа	2700 - 6000	3000 - 6000	2000 - 4000	390-1200
Модуль упругости, ГПа	70 - 200	200 - 500	70 - 90	70-210
Удлинение при разрыве, %	10 - 15	1,5 - 2,5	2,0 - 6,0	8-18
Устойчивость к коррозии	Высокая	Высокая	Низкая	Средняя

Составлено автором на основании источников [1, 2, 3, 4, 5]

Подбор полимерной матрицы

Характеристика	Эпоксидная смола	Полиэтилен	ФФ смола
Адгезия к армидам	Высокая	Низкая	Средняя
Устойчивость температурам, °C	до 200	до 80	до 150
Устойчивость к агрессивным средам	Высокая	Низкая	Средняя
Цена (относительная)	Средняя	Низкая	Средняя
Дополнительный комментарий	Наиболее универсальная	Не подходит для экстремальных условий	Ограниченное применение в условиях космического пространства

Составлено автором на основании источников [6,7,8]

Энергетические модули

1

Смесевые твердые ракетные топлива

Окислители: нитрат калия (KNO_3) и пероксид бария (BaO_2)

2

Металлы

Магний и алюминий, способные гореть в вакуумных условиях

3

Смесь нитрата калия (KNO_3) и магния (Mg)

Обеспечивает стабильное горение в вакууме благодаря разложению KNO_3 .

Составлено автором на основании источников [9,10,11]

Выводы

Таким образом, арамидные волокна проявляют значительные преимущества благодаря высокому удлинению при разрыве и способности поглощать энергию, что снижает риск трещинообразования и обеспечивает устойчивость к вибрациям и температурам до 400°C. В сочетании с эпоксидными смолами, композиты демонстрируют высокие механические свойства и меньшую хрупкость по сравнению с углеволокном. Смеси, такие как нитрат калия и магний, обеспечивают стабильное горение в вакуумных условиях, что расширяет их применение в ракетной технике и повышает эффективность и безопасность космических систем.

Список использованных источников

1. Гуренко, А. В. Полимерные композиционные материалы в аэрокосмической промышленности / А. В. Гуренко // Научный аспект. – 2024. – Т. 6, № 4. – С. 687–695. – EDN YMMRAG.
2. Аль Дарабсе, А. М. Ф. Современные композитные материалы будущего в аэрокосмической промышленности / А. М. Ф. Аль Дарабсе, Е. В. Маркова, В. В. Миллер // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): тексты докладов участников Международной молодёжной научной конференции, в 6 т., Казань, 07–08 ноября 2019 года. Том I. – Казань: Издательство ИП Сагиева А.Р., 2019. – С. 388–391. – EDN STVUTB.
3. Славин А. В., Донецкий К. И., Хрульков А. В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ В 2025–2035 ГГ. (ОБЗОР) // Труды ВИАМ. 2022. №11 (117). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-polimernyh-kompozitsionnyh-materialov-v-aviatsionnyh-konstruktsiyah-v-2025-2035-gg-obzor> (дата обращения: 23.01.2025).
4. Trigo-López M., García J.M., Ruiz J.A.R. et al. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc., 2018. P. 1–51. DOI: 10.1002/0471440264.pst249.pub2
5. Bennett S. C., and Johnson D. J., "Strength-Structure Relationships in Pall-Based Carbon Fibers," Journal of Materials Science, Vol. 18.
6. Krasinskyi, V., Jachowicz, T., Dulebová, L., Gajdoš, I., Malinowski, R. (2021). The Manufacturing of Composite Materials in the Matrix of Modified Phenol-Formaldehyde Resins. Advances in Science and Technology Research Journal. <https://doi.org/10.12913/22998624/142288>.
7. Патент № 2405675 С1 Российская Федерация, МПК В29С 51/10, В32В 27/12, С08J 5/00. способ получения конструкционного композиционного материала: № 2009126970/04: заявл. 15.07.2009: опубл. 10.12.2010 / Г. Ф. Железина, И. В. Зеленина, Н. А. Соловьева [и др.]; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" (ФГУП ВИАМ). – EDN WNAPFL.
8. Влияние сорбции компонентов эпоксидного связующего на свойства арамидных волокон / К. С. Пахомов, ю. В. Антипов, И. Д. Симонов-Емельянов, А. А. Кульков // Пластические массы. – 2019. – № 3–4. – С. 7–10. – DOI 10.35164/0554-2901-2019-3-4-7-10. – EDN STENIT.
9. Анализ возможности сжигания элементов головного обтекателя ракеты-носителя / В. А. Архипов, А. А. Глазунов, Н. Н. Золоторев [и др.] // Физика горения и взрыва. – 2023. – Т. 59, № 5. – С. 22–32. – DOI 10.15372/FGV2022.9215. – EDN FCNAYL.
10. Влияние окислительного компонента на горение конденсированного вещества при пониженных давлениях / В. А. Архипов, А. А. Глазунов, Н. Н. Золоторев [и др.] // Материалы XIV Международной конференции по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (AMMAI'2022): Материалы конференции, Алушта, 04–13 сентября 2022 года. – Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2022. – С. 26–28. – EDN KKTDLO.
11. Иордан Ю. В. Анализ содержания кислорода на атмосферном участке по траектории спуска отделяющихся частей ракет [Текст] / Иордан Ю. В. // Вестник Московского авиационного института. — 2016. — № 1. — С. 147–150.

**XXII КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»**

Перспективы применения арамидных композиционных материалов для термодеструктивных процессов в ракетно-космической технике

Спасибо за внимание!

Максим Андреевич Аревков — старший преподаватель кафедры стартовые и технические ракетные комплексы.

Александра Дмитриевна Рычкова — студент специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов.