

DOI 10.53364/24138614\_2023\_29\_2\_27  
УДК 620.18

**Шынгысов Н.**, преподаватель специальных дисциплин в «Авиационный колледж  
АО «Академия Гражданской Авиации», г. Алматы, РК.

*E-mail: [n.shyngysov@agakaz.kz](mailto:n.shyngysov@agakaz.kz)*

## ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АВИАЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР ҚҰРАМЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ҮРДІСТЕРІ

### TRENDS IN THE COMPOSITION OF AVIATION MATERIALS

**Аннотация.** Исследование посвящено обзору истории использования авиационных материалов и их производству. В ходе работы применяется хронологизм, диверсионный анализ и статистический анализ. Предметом исследования являются авиационные материалы. Задачей исследования является привлечение внимания научного сообщества к стагнации в развитии авиационного материаловедения по принципу производства материалов.

**Ключевые слова:** материаловедение, авиационные материалы, композитные материалы, производство материалов, анализ материалов.

**Аңдатпа.** Зерттеу авиациялық материалдарды пайдалану тарихына және олардың өндірісіне шолу жасайды. Жұмыс барысында хронология, диверсиялық талдау және статистикалық талдау қолданылады. Зерттеу пәні авиациялық материалдар болып табылады. Зерттеудің міндеті материалдарды өндіру принципі бойынша авиациялық материалтану дамуындағы тоқырауға ғылыми қоғамдастықтың назарын аудару болып табылады.

**Түйін сөздер:** материалтану, авиациялық материалдар, композиттік материалдар, материалдар өндірісі, материалдарды талдау.

**Abstract.** The study is devoted to an overview of the history of the use of aviation materials and their production. In the course of the work, chronology, sabotage analysis and statistical analysis are used. The subject of the study is aviation materials. The objective of the research is to attract the attention of the scientific community to the stagnation in the development of aviation materials science based on the principle of materials production.

**Keywords:** materials science, aviation materials, composite materials, materials production, materials analysis.

**Введение.** Актуальность данной статьи связана с потребностью анализа изменения состава авиационных материалов. Данный анализ должен стать начальной точкой для определения тенденции развития авиационных материалов.

Новизна работы заключается в применении сопоставления экстраполяции и хронологизации. Таким образом можно достигнуть синергии, которая будет способна предоставить достаточно точное прогнозирование в области развития авиационного материаловедения.

Цель написания данной статьи — привлечение внимания к проблеме застоя в области внедрения новых материалов непосредственно в конструкцию воздушного судна.

Для достижения цели выделим следующие задачи:

- 1) изложить в хронологическом порядке применение авиационных материалов;

2) параллельно изложению материалов объяснить технологии, применяемые в производстве материалов и деталей;

3) произвести прогноз производства материалов и элементов конструкции воздушного судна с учетом существующих технологий.

С учетом вышеописанного приступим к последовательному изложению основных этапов производства летательных аппаратов.

**Методы.** Начнем рассматривать авиационные материалы. Одними из первых авиационных материалов являются матерчатые ткани, которые применялись в конструкции воздушного шара и дирижабля. Технология производства сводилась к обработке хлопка, шелка или овечьей шерсти. Ткань производилась при помощи ткацких станков. Естественно качество таких материалов оставляет желать лучшего с учетом динамики современных полетов. Однако учитывая динамику полетов того времени, нагрузки на несущую конструкцию полностью компенсируются элементами конструкции.

Суть технологии заключалась в том, что большое количество волокон скручивалось между собой в нити, а далее нити переплетались между собой в тканевое полотно. Технология проста, но в тоже время является предельно сложной, так как от состояния волокна зависело качество нитей, а от качества нитей зависело качество ткани. При этом элементы полотна сшивались между собой и прикреплялись корзине, в которой размещались люди и полезный груз. Использование таких материалов являлось не надежным, так как материалы имели низкую выносливость, низкую прочность и практически каждый полет совершался на предельных нагрузках для тканевого материала [1].

На следующем этапе стала применяться древесина. При этом поменялся принцип создания подъемной силы. Перейдя непосредственно к материалу, необходимо отметить факт того, что древесина производится непосредственно из растущих деревьев. Поэтому все свойства материала предопределены видом дерева. Одним из наиболее подходящих деревьев является бальза. При производстве вырубается лесной участок, а потом производится распиловка ствола на доски и брусья. После распила брусьям и доскам придается соответствующая форма. Для повышения устойчивости материала к влиянию погодных условий и защиты от вредителей, элементы конструкции из дерева обрабатывались специальными химическими веществами, способствующих улучшению качеств древесины. Однако период использования древесины в авиации не так велик, поэтому перейдем к рассмотрению следующего материала. Древесина является более надежной чем ткань, но предел прочности все еще [2]

Следующим этапом в области авиационного материаловедения является применение алюминиевых сплавов. При этом для различных элементов конструкции применяются разные сплавы. При этом есть сплавы с титаном, вольфрамом и ванадием. Сплавы применяются повсеместно в конструкции воздушного судна. Металл добывается из руды и при помощи литья. Производство деталей для конструкции воздушного судна также производится литьем. При помощи литья можно производить детали сложных форм, однако недостатком является низкий уровень прочности. Также детали могут быть произведены при помощи штамповки. Прочность деталей на порядок выше, чем при использовании литья, но также увеличивается масса, а сложность формы детали ограничивается возможностью прямолинейного силового воздействия. Использование алюминия в конструкции воздушных судов все еще актуально. Однако доля алюминия в конструкции воздушного судна стала уменьшаться. Причиной этому стал следующий этап в авиационном материаловедении [3].

В современном авиационном материаловедении стали широко применяться композитные материалы на основе углерода. Волокна углерода вытягиваются в длинные нити, далее они окутывают высокопрочные проволоки прочного металла. Таким образом появляется материал относящийся к типу углерод-металл. Углерод является формирующей матрицей, а металл является армирующим наполнителем. Одним из таких материалов является карботаниум. В этом материале применяются углерод и титан. Если вместо металла использовать в качестве

заполнителя также углерод, то получится композитный материал типа углерод-углерод. Материал называется карбон. Еще одним популярным материалом является материал, основанный на углероде, но заполнителем является кремниевое стекло. Получаемый материал относится к группе стеклотекстолитов.

По значения данным параметров производится выбор материалов для производства воздушных судов.

**Таблица 1** — Плотность материалов [4]

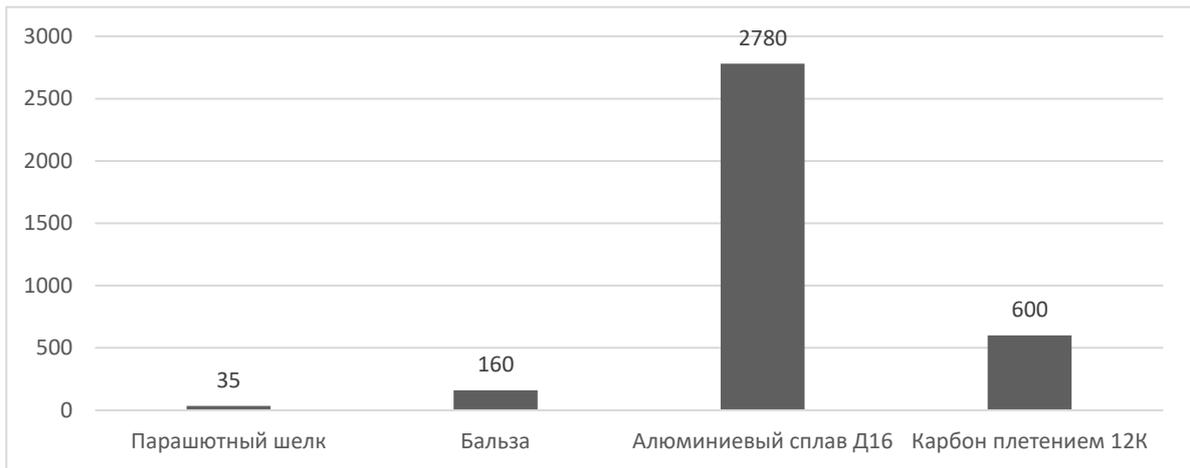
Материал	Плотность
Паращютный шелк	35 г/м <sup>2</sup>
Бальза	160 г/м <sup>2</sup>
Алюминиевый сплав Д16	2780 г/м <sup>2</sup>
Карбон плетением 12К	600 г/м <sup>2</sup>

Плотность материалов является важным фактором, который позволяет определить степень собственной нагрузки конструкции на силовые элементы, не говоря уже о том, что гравитационные силы являются одной из четырех основных сил, действующих на воздушное судно во время полета. Более того сочетание меньшей массы при высокой прочности является отличным качеством материала. Уже при совмещении двух параметров возникает потребность в комплексной оценке. Но прежде, чем приступить к комплексной оценке, приведем таблицу со значениями параметров прочности, присущих каждому рассматриваемому материалу. В данном случае чем больше значение, тем более позитивная динамика.

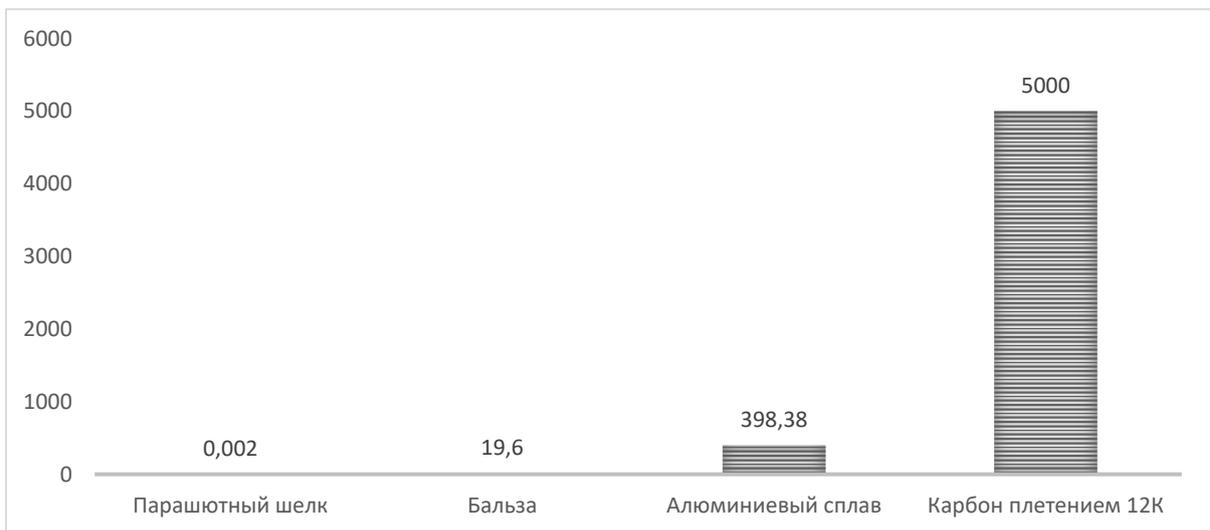
**Таблица 2** — Прочность материалов [5]

Материал	Прочность
Паращютный шелк	2 кПа
Бальза	19,6 МПа
Алюминиевый сплав	392,38 МПа
Карбон плетением 12К	5 ГПа

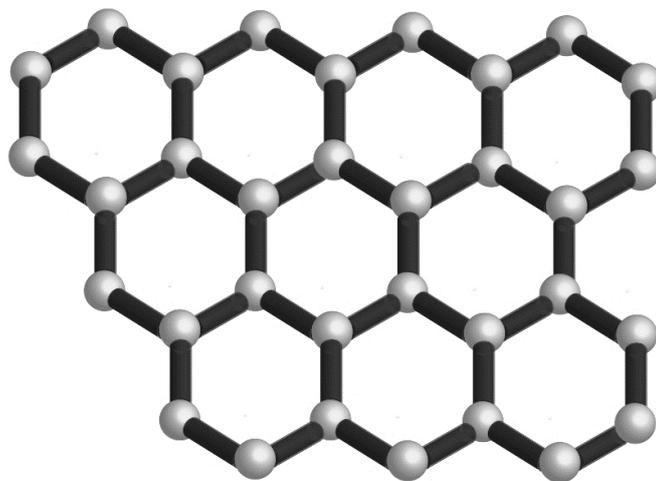
Как видно из диаграммы, плотность алюминиевого сплава в несколько раз превышает ближайшего конкурента, карбон. Углеродный композитный материал представляет большую перспективу в области материаловедения. По последним сообщениям высокий спрос появился на производство двухмерного углеродного материала. Для производства нового материала используют углерод. Двухмерный углеродный материал с полупроводниковыми свойствами, который пользуется высоким спросом является графен, но при увеличении размеров молекулы появляется новый материал — бифениленовая сеть.



**Рисунок 1.** Диаграмма плотностей материалов



**Рисунок 2.** Диаграмма значений прочности материалов



**Рисунок 3.** Структура молекулы графена [6]

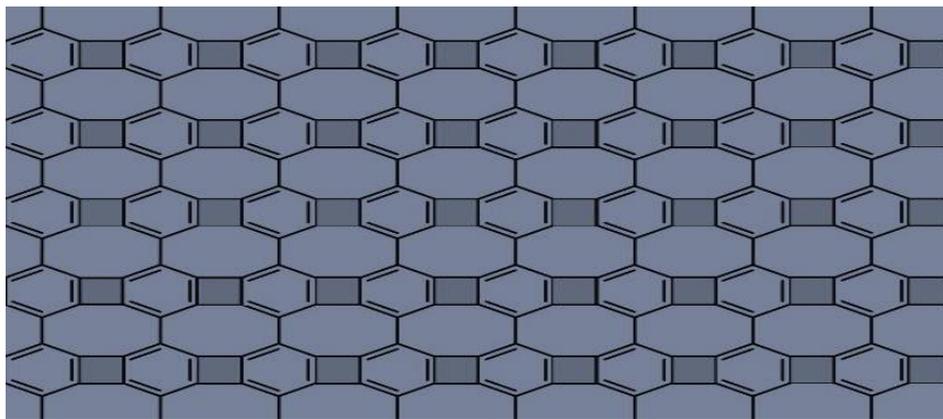


Рисунок 4 — Структура бифениленовой сети [7]

В отличие от графена, имеющего однородную структуру, бифениленовая сеть имеет структуру, состоящую из молекул, имеющих кристаллическую структуру. Используя функцию обработки статистических данных при помощи полиномиальных выражений произведем анализ математической функции и построим график.

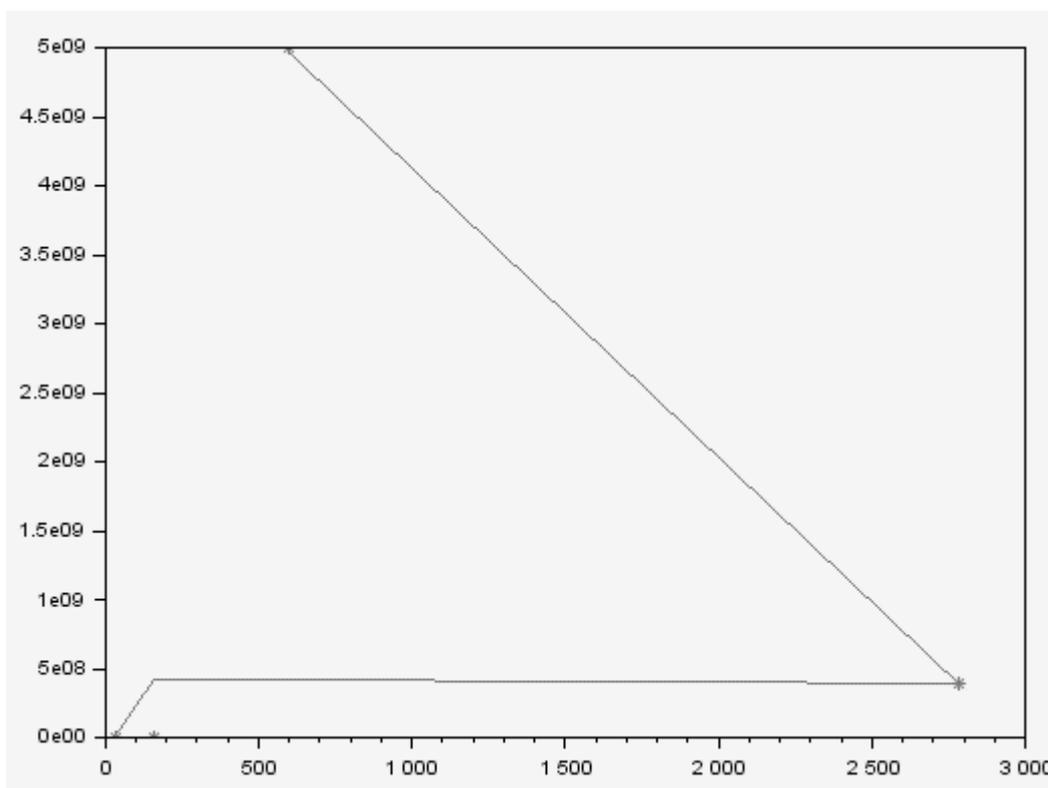


Рисунок 3. График полиномиальной функции и статистические данные

Как видно из графика функция полинома третьего порядка имеет отличные значения от статистических данных. Разница заметна при вычислении второго значения в функции и на графике.

В настоящий момент произвести прогнозирование зависимости прочности от плотности между разнотипными материалами невозможно в рамках рассматриваемого метода и предложенной выборки. Так как задача прогнозирования переходит в разряд многокритериальной, то соответственно стоит отметить возможность производства прогнозирования категории однотипных материалов, по ключевым показателям при равных условиях и заранее определенных ограничениях. Так как данная задача не относится к

производимому исследованию в полной мере, то определим лишь общую тенденцию, которая несет в себе позитивную динамику, а именно, уменьшение плотности материала и увеличение прочности.

**Результаты.** После проведения краткого исследования были получены следующие результаты:

- 1) были выделены два наиболее важных параметра материалов;
- 2) были определены 4 основных категории материала, которые применялись в воздухоплавании. К ним относятся: матерчатые ткани, древесина, металлы углеродные композитные материалы;
- 3) представитель каждой категории материала относится непосредственно к сегменту авиационных материалов и являются лучшими по указанным ключевым параметрам;
- 4) была выведена математическая полиномиальная функция вида [8]:

$$f(x) = a_4x^3 + a_3x^2 + a_2x + a_1 \quad (1)$$

В данной функции в качестве аргумента рассматривается плотность материала, в качестве функции рассматривается прочность материала.

**Заключение.** По результатам, полученным в ходе исследования, можно заключить что в настоящее время значительная часть материалов, применяемых в конструкции летательных аппаратов являются композитными на основе. Доля применения композитов на основе углерода превысила 50%.

В настоящее время из-за того, что авиационные материалы постепенно приводятся к двум основным категориям: металлы и не металлы. В качестве металлов выступают сплавы алюминия. А в качестве неметаллов выступают углеродные композитные материалы. Данное исследование может служить основанием для проведения исследования в области определения тенденций развития углеродных материалов и их применения. При этом допускается рассмотрение не только авиационных композитных материалов, но и углеродных двухмерных материалов.

#### Использованные источники

1. Симонов Н. С. Производство в СССР авиационных материалов в период великой отечественной войны, - Военно-исторический журнал, - 2022
2. Шульдешов Е.М., Краев И.Д., Образцова - «Е.П. Материалы для звукопоглощающих конструкций авиационных двигателей (Обзор)», - Труды ВИАМ, - 2021;
3. Гончаров В.А., Тимошков П.Н., Усачева М.Н. - «Перспективы производства крупногабаритных авиационных деталей из полимерных композиционных материалов (Обзор)», - Труды ВИАМ, - 2021;
4. Александров В. Г., Базанов Б. И. - «Справочник по авиационным материалам и технологиям их применения», - 1979;
5. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов – справочник «Авиационные материалы», - НИЦ «Курчатовский институт», - 2019;
6. usgraphene - «Углерод», - 2021, - [ <https://www.rusgraphene.ru/stroenie-y-structura-graphena> ]
7. nplus - «Химики получили негексагональную двумерную форму углерода», - 2021, - [ <https://nplus1.ru/news/2021/05/25/form-carbon> ].

#### References

1. Simonov N. S. Proizvodstvo v SSSR aviatsionnykh materialov v period velikoi otechestvennoi voyny, - Voенно-istoricheski jýrnal, - 2022

2. Shýldeshov E.M., Kraev I.D., Obraztsova - «E.P. materialy dlia zvykopogloaiýih konstrýktsii aviatsionnyh dvigatelei (Obzor)», - Trýdy VIAM, - 2021;
3. Goncharov V.A., Timoshkov P.N., Ýsacheva M.N. - «Perspektivy proizvodstva krýpnogabaritnyh aviatsionnyh detalei iz polimernyh kompozitsionnyh materialov (Obzor)», - Trýdy VIAM, - 2021;
4. Aleksandrov V. G., Bazanov B. I. - «Spravochnik po aviatsionnym materialam i tehnologiám ih primeneniia», - 1979;
5. Vserossiiskii naýchno-issledovatel'skii institút aviatsionnyh materialov - spravochnik «Aviatsionnye materialy», - NITs «Kýrchatovskii institút», - 2019;
6. usgraphene - «Ýglerod», - 2021, - [ <https://www.rusgraphene.ru/stroenie-y-structura-graphena>]
7. nplus - «Himiki polýchili negeksagonalnýy dvýmernýy formý ýgleroda», - 2021, - [ <https://nplus1.ru/news/2021/05/25/form-carbon>].