

УДК 620

Шипачев Д.А, студент гр. ПСБ — 251. 1курс  
Научный руководитель: Пузынин.А.В к.ф.-м.н., доцент кафедры физики  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово

### **Выбор сплавов металлов для увеличения безопасности скоростных поездов и самолетов**

#### **Введение**

В настоящее время выбор правильного (типа) металла или сплава очень важен для авиационной и железнодорожной промышленности. Учёные и инженеры стремятся добиться наивысших характеристик для современных пассажирских самолётов и поездов. К выбору металла всегда нужно подходить ответственно, так как именно от его физических свойств зависит безопасность и удобство пассажиров, а также их максимально вмещаемое количество. В рамках проделанного исследования видно, что разные металлы нужно использовать под разные задачи к примеру титан хорошо подходит для пассажирских сверхзвуковых лайнеров, так как обладает низким коэффициентом теплового расширения а в поездах используют сплав алюминия-литиевый(1420). Он обладает небольшой массой а значит будет ниже инертность, что в свою очередь увеличит скорость разгона и остановки поезда. Для поезда это очень важно так как могут произойти непредвиденные чрезвычайные ситуации в которых необходимо как можно быстрее остановить поезд

#### **Роль материалов с низким тепловым коэффициентом теплового расширения в авиации.**

Это важно так как у лайнеров на высокой скорости обшивка может накаляться до сотен градусов и те самолёты у которых обшивка состоит из сплавов или металлов с высоким коэффициентом теплового расширения рискуют во время полёта начать разваливаться в воздухе (при нагреве металлы с высоким коэффициентом теплового расширения начинают растягиваться и деформироваться что приводит к тому что между пластинами образуется брешь из-за которой самолёт потеряет герметичность и из-за силы сопротивления воздуха может терять детали обшивки. Также из-за потери герметичности и деформации корпуса самолёт будет лететь менее предсказуемо так как аэродинамика его в тот момент будет нарушена. Для сверхзвуковых лайнеров часто используют сплав титана ВТИ-4 так как он выдерживает температуру свыше 600 градусов что будет достаточно для безопасного полёта лайнера на высоких скоростях. [2]

Помимо того что самолет из-за высокой скорости деформируется и рискует потерять важные детали в полете, его металлы и сплавы с истечением времени устают. За условные 25 лет самолёт совершит тысячи циклов нагрева во время полёта и охлаждения во время приземления. За такое время любой металл или сплав будет в разной степени иметь микротрещины. Сплав титана ВТИ-4 обладает крайне низким коэффициентом теплового расширения а значит и подвержен микротрещинам этот металл куда менее подвержен разрушению чем сплав или металл с высоким коэффициентом теплового расширения. Самолёты из сплава титана ВТИ-4 прослужат намного дольше чем самолёты из других металлов или их сплавов[3]

Для снижения инертности сверхбыстрых поездов используются такие сплавы, которые будут очень лёгкими. Одним из популярных сплавов является алюминий-литиевый его используют чтобы снизить вес поезда и уменьшить инертность и увеличить надежность. Он полезен также потому что обладает стойкостью коррозии и к стойкостью сопротивления к микротрещинам, а значит хорошо подходит для длительного использования поезда десятилетиями.[2]

КТР — коэффициент теплового расширения.

Сплав алюминий-литиевый(1420) и сплав титана (ВТИ — 4) по своим физическим свойствам кардинально различаются. На их различие подробнее мы посмотрим ниже в таблице 1

Таблица 1 — сравнительная таблица характеристик двух сплавов металлов.

| Характеристика            | Алюминий(1420)    | Титан ВТИ - 4      |
|---------------------------|-------------------|--------------------|
| Главная роль              | Снижение веса     | Устойчивость к КТР |
| плотность                 | Минимальная(2,47) | Средняя(4,5)       |
| КТР                       | Высокий           | Низкий             |
| Устойчивость к нагреванию | 150° С            | Выше 600° С        |

(Данные взятые для алюминий-литиевого сплава) [2],

(Данные взятые для сплава титана ВТИ-4)[3]

Выше мы рассмотрели физические характеристики этих сплавов металлов но помимо теоретических физических характеристик в физике также будут важны и расчёты. Ниже мы посмотрим, сможет ли 10 мм осколок пробить

обшивку самолёта. Для проверки воспользуемся формулой кинетической энергии.

Кинетическая энергия осколка рассчитывается по формуле:

$$E_k = 0,5 \cdot m \cdot v^2 (1)$$

где  $E_k$  — кинетическая энергия, Дж;

$m$  — масса осколка, кг;

$v$  — скорость полета осколка, м/с.

Для расчета берем осколок массой  $m = 0,045$  кг, толщину обшивки  $L = 0,01$  м (10 мм) и площадь контакта  $S = 0,00012$  м<sup>2</sup>.

$$0,5 \cdot 0,045 \cdot 8502 \approx 16\,250 \text{ Дж.}$$

Чтобы остановить летящий осколок, работа материала обшивки должна быть больше, чем сама кинетическая энергия осколка. Теперь находим, чему равна работа обшивки:

$$A = \sigma \cdot S \cdot L (2)$$

где  $\sigma$  — предел прочности материала, Па;

$S$  — площадь контакта, м<sup>2</sup>;

$L$  — толщина обшивки, м.

Далее переводим из мегапаскалей в обычные паскали:

$$A_{ст} = 1\,100\,000\,000 \cdot 0,00012 \cdot 0,01 = 1\,320 \text{ Дж.}$$

$$A_{ал} = 450\,000\,000 \cdot 0,00012 \cdot 0,01 = 540 \text{ Дж.}$$

Как видно из проведенного опыта, ни сталь, ни алюминий не могут остановить осколок, так как  $1\,320 < 16\,250$ . Также мы видим, что алюминий почти в три раза хуже поглощает энергию, чем сталь. Подводя итог моему исследованию, можно сделать вывод о том, что надёжность и безопасность транспорта зависит в первую очередь от физических свойств материала, взятого за основу этого транспорта. Также, несмотря на то, что в примере ни стали, ни алюминию толщиной 10 мм не удаётся сдержать осколок, наши расчёты позволяют вычислить толщину сплава, которая сможет сдержать удар и уберечь пассажиров лайнера.

### Список литературы:

1. **Антипов, В. В.** Перспективы развития алюминиевых и титановых сплавов для авиационной техники // Авиационные материалы и технологии : научный журнал. — URL: [viam.ru](http://viam.ru) (дата обращения: 26.03.2026).

2. **Алюминиево-литиевый сплав марки 1420** : каталог материалов / НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ. — URL: [viam.ru](http://viam.ru) (дата обращения: 26.03.2026).

3. **Интерметаллидные сплавы на основе титана марки ВТИ-4** : каталог материалов / НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ. — URL: [viam.ru](http://viam.ru) (дата обращения: 27.03.2026).

