

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, достигаемые за счет применения алюминия



## Что дает алюминий

## Комментарий

- ❑ Снижение веса ТС на 40+%, по сравнению с конструкциями из традиционной стали
- ❑ Снижение веса ТС на ~25-35%, по сравнению с конструкциями из высокоуглеродистой (высокопрочной) стали

Уменьшение толщины гнутых деталей каркаса кузова из высокопрочных сталей, для сохранения устойчивости конструкции под нагрузкой, должно быть компенсировано увеличением поперечного сечения этих деталей. В итоге снижение веса не столь велико, по сравнению с конструкцией из алюминиевых сплавов.

- ❑ Возможность создания конструкции, сопоставимой по прочности и жесткости со стальной, при меньшем удельном весе

С точки зрения конструкционной прочности и жесткости, эти характеристики алюминиевых деталей при сравнительно небольшом увеличении толщины стенки или поперечного сечения могут быть сопоставимыми с соответствующими характеристиками стальных деталей.

- ❑ Оптимизация конструкции за счет применения алюминиевых профилей

Проектирование кузова становится более гибким за счет применения алюминиевых профилей вместо гнутых стальных деталей. Это также позволяет уменьшить общее количество деталей путем их комбинирования.

- ❑ Возможность применения облегченных модульных болтовых элементов конструкции

Как альтернатива сварным соединениям для наиболее уязвимых деталей, часто требующих оперативного ремонта: например, нижние детали обшивки автобусов, троллейбусов, трамваев...

- ❑ Повышение общего уровня коррозионной стойкости конструкции кузова ТС

Алюминиевые детали не требуют антикоррозионной покраски, что не только снижает расходы на сервисное обслуживание, но и без дополнительных затрат обеспечивает алюминиевым деталям достойный внешний вид. Проблема контактной электрохимической коррозии соединений алюминий-сталь решается за счет минимизации площади контакта и применения специальных защитных покрытий.

- ❑ Ремонт деталей из алюминиевых сплавов НЕ сложнее и НЕ более трудоемок, по сравнению с ремонтом стальных деталей

При наличии сварочного оборудования, проведения обучения персонала и обеспечения его соответствующими производственными инструкциями данный вопрос решается в приемлемые сроки.

- ❑ Снижение трудоемкости сборочных и ремонтных работ

Работа с относительно более легкими алюминиевыми деталями сокращает трудоемкость, а следовательно, уменьшаются время и стоимость сборочных и ремонтных работ.

# СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК: Алюминий vs. Нержавеющая сталь



**В конструкциях городских транспортных средств и, в частности вагонов метро, применяются алюминиевые сплавы системы Al-Mg-Si и два типа нержавеющей стали: аустенитные и ферритные (высокоуглеродистые).**

## Аустенитные нержавеющие стали (например, стали марок 304, 316):

- дороже алюминия или сопоставимы с ним по стоимости (\$/кг)
- обладают хорошей свариваемостью
- пространственные детали кузова могут быть изготовлены только гибкой листового материала заданной толщины
- предел текучести – ок. 205 МПа, что соответствует алюминиевому сплаву 6061-T6 при почти трехкратной разнице в плотности: 7850 кг/м<sup>3</sup> для стали против 2700 кг/м<sup>3</sup> у алюминия.

## Ферритные нержавеющие стали (например, стали марок 409, 416):

- дешевле аустенитных сталей и алюминия
- обладают худшей свариваемостью по сравнению с аустенитными сталями и требуют проведения отжига после сварки, снижающего прочностные характеристики
- пространственные детали кузова могут быть изготовлены только гибкой листового материала заданной толщины
- предел текучести – 205-276 МПа, плотность – 7700-7800 кг/м<sup>3</sup>

## Алюминиевые сплавы:

- обеспечивают экономию веса конструкции ок. 40+%, по сравнению с аустенитными сталями
- обеспечивают экономию веса конструкции ок. 25+%, по сравнению с высокопрочными ферритными сталями
- за счет применения полых прессованных алюминиевых панелей (как в вагонах скоростных поездов) прочность и жесткость конструкции алюминиевых вагонов метро не уступают стальным конструкциям

# ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ использования алюминиевых решений



## Увеличение вместимости вагона

- ❑ Благодаря снижению веса трамвая пассажироместимость увеличивается без превышения допустимой нагрузки на ось в 10 тонн.
- ❑ Алюминиевый кузов предполагает вместимость до 300 человек/состав, что примерно на 15% выше чем у существующих стальных решений. То есть в часы пик может быть осуществлена перевозка того же объема пассажиров с использованием меньшего количества подвижного состава.

## Экологичность / Остаточная стоимость

- ❑ Трамвай может быть переработан на 95%
- ❑ Благодаря снижению энергопотребления косвенно уменьшается выброс CO<sub>2</sub> в атмосферу (эквивалентно выбросам 70 тыс.т. CO<sub>2</sub> на парк в 100 составов за срок службы)
- ❑ При утилизации владелец может вернуть до 60% стоимости алюминиевого трамвая

## Снижение затрат на электроэнергию

- ❑ При пробеге 100 тыс. км в год экономия электроэнергии составит около 45 МВт на один трехсекционный трамвай за год.

## Снижение нагрузки на инфраструктуру

- ❑ Снижение нагрузки на ось на 0.5т дает экономию около 5% на затраты, связанные с обслуживанием инфраструктуры.

- ❑ **Суммарная экономия от использования парка в 100 алюминиевых трамваев за 30 лет, оценивается более чем в 3,5 млрд. руб. (или 35 млн. руб. на один вагон)**

# СТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗКИ 1 ПАССАЖИРА в рамках жизненного цикла транспорта



Стоимость приобретения +  
дополнительные расходы  
(кредит/лизинг)

+

Эксплуатация и обслуживание

+

Ремонт и восстановление

+

Доходы от эксплуатации

+

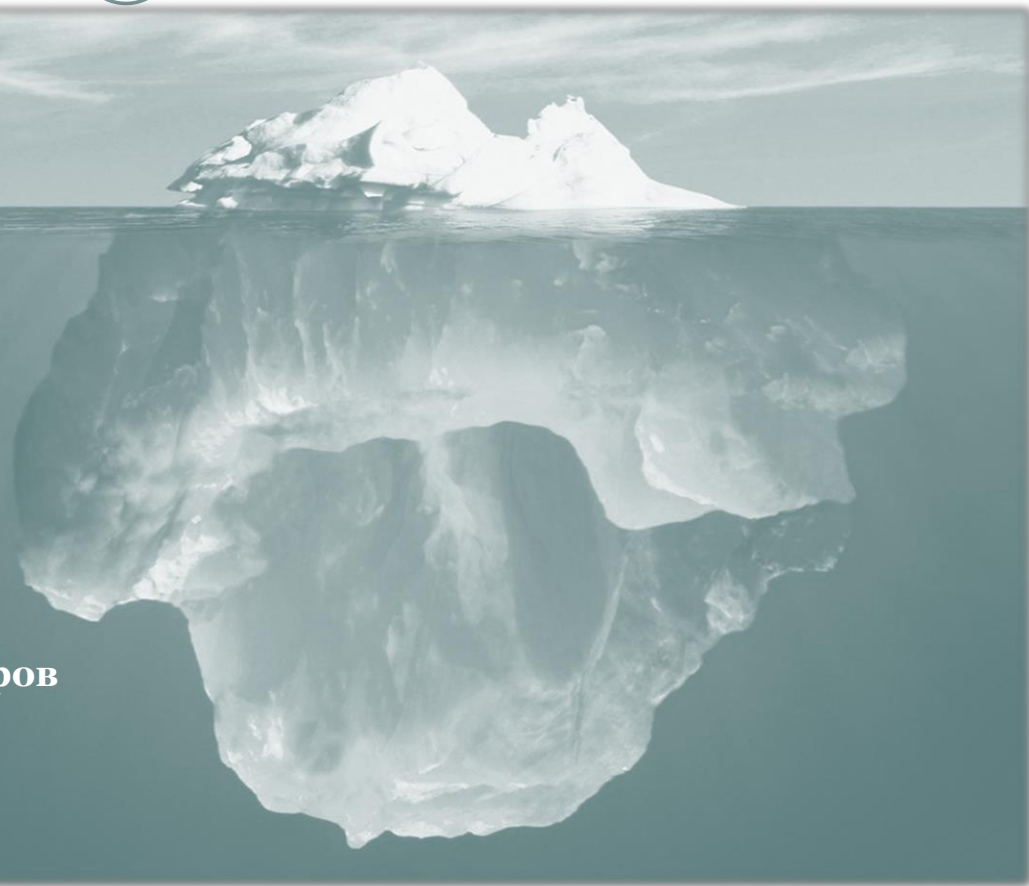
Срок службы

+

Количество перевезенных пассажиров

+

Утилизация



**Реальная стоимость перевозки 1 пассажира в течение жизненного цикла транспорта  
зависит от первоначальных инвестиций не более чем на 1/4**

# ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ – СТОИМОСТЬ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТРАНСПОРТА В СООТНОШЕНИИ С КОЛИЧЕСТВОМ ПЕРЕВЕЗЕННЫХ ПАССАЖИРОВ

## Соотношение первоначальных инвестиций и итоговой эффективности

Принципы традиционной концепции обеспечения жизненного цикла транспорта :

- **минимизация первоначальных затрат;**
- изготовление конструкции из недорогих и недефицитных материалов;
- поддержание её работоспособности с помощью системы ремонтов ;
- **перенос затрат на более поздний период эксплуатации;**



Обеспечение безопасности, повышение уровня комфорта и привлекательности, минимизация эксплуатационных затрат требуют **более высоких первоначальных инвестиций, эффективность которых подтверждается на протяжении всего цикла изделия**



# СТРУКТУРА СТОИМОСТИ жизненного цикла трамвая

• Более 2/3 себестоимости перевозки на протяжении жизненного цикла транспортного средства лежит **за пределами первоначальных затрат** и напрямую зависит от энергоёмкости транспортного средства, количества перевезённых пассажиров (грузов), продолжительности эксплуатации до первого капитального ремонта и общего срока службы

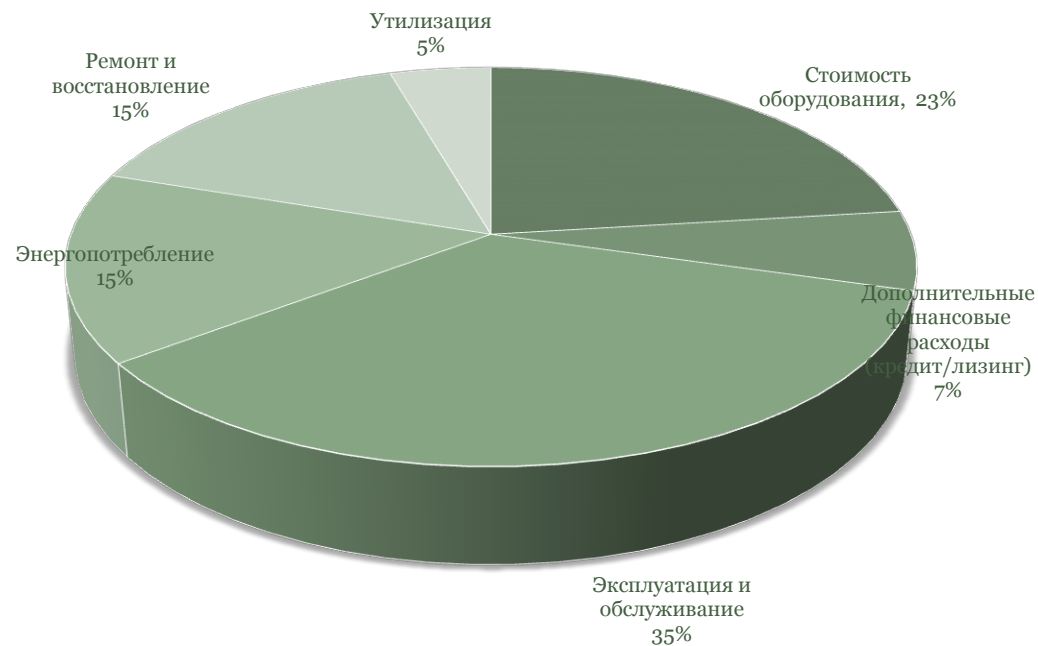
• При этом наиболее существенное влияние оказывает:

- на доходную часть – комфортная **наполняемость** транспортного средства;
- на снижение расходной части – **энергоэффективность**

• Удельное снижение единовременных затрат (стоимость приобретения + стоимость восстановление + утилизация) **пропорционально сроку службы изделия**



Структура стоимости жизненного цикла транспортного средства (на примере 30 м трамвая на 60 посадочных мест на 30 лет эксплуатации)\*



**Удельная стоимость перевозки 1 пассажира на 1 км расстояния пропорциональна сроку службы транспорта и количеству перевезенных пассажиров**