

# **Инновационная электропроводка для современного коммерческого транспорта**



«Мы ожидаем, что к 2022 году высоковольтные кабельные системы большинства электромобилей будут основаны на алюминии.»

## **Алюминий** заменит медь

**Удо Линдемманн**

Профессор из Института разработки продукции в Мюнхенском техническом университете.

Снижение веса автомобилей является ключевым фактором **ЭКОНОМИИ Топлива**.

Вес комплекта жгутов составляет **от 20 до 50 кг** на автомобиль. Снижение веса автомобиля является важным фактором повышения топливной экономичности и запаса хода электромобилей.

Перейдя с медной электропроводки на алюминиевую, мы сможем снизить ее вес на **10–40 %**.



«В течение почти пятнадцати лет в автомобилях **корпорации General Motors** в силовых жгутах и используется одножильный алюминиевый провод и алюминиевый провод с медным покрытием (ССА).

Сегодня алюминиевый жгут и кабель аккумуляторной батареи могут стать важной альтернативой для обеспечения снижения массы и выполнения экологический требований, способствуя снижению расхода топлива и выбросов CO<sub>2</sub>».

**SAE MOBILUS**



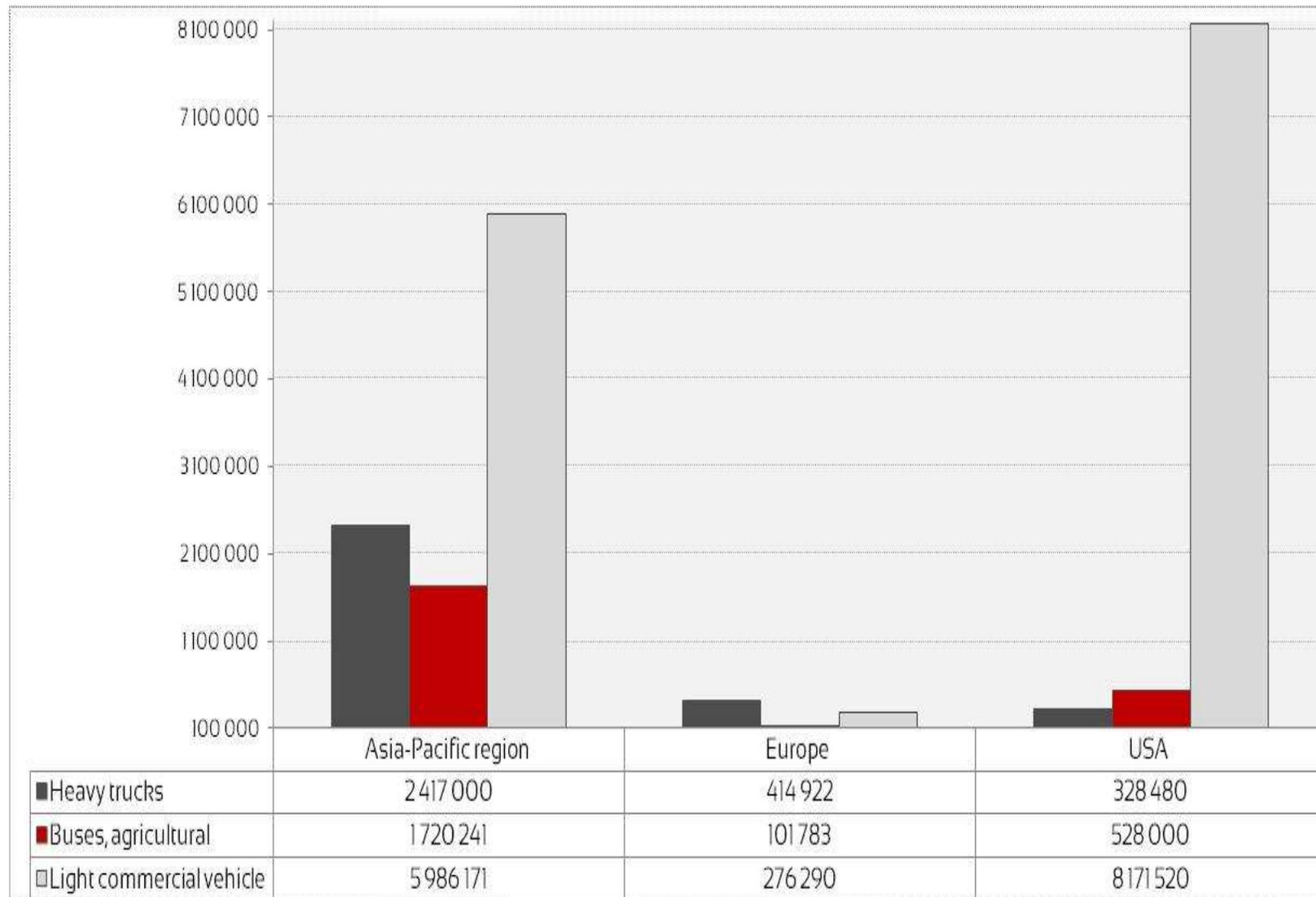
**PRETTL**

Каким будет эффект от замены медного **кабеля аккумуляторной батареи** на **алюминиевый** для коммерческих автомобилей?



# Анализ рынка коммерческих автомобилей

Данная статистика производства коммерческих автомобилей в Европе, Азиатско-Тихоокеанском регионе и США в 2018 году представлена немецким сайтом Statista.



Затем в рамках эксперимента мы отобрали несколько грузовых автомобилей из каждой из трёх групп коммерческих автомобилей из каждого региона и, используя значения поперечного сечения и длины, определили среднюю **массу медного кабеля аккумуляторной батареи**.

Вот что получилось:

	<b><math>M_{ri}</math> (средняя масса проводов), кг</b>
<b>Большегрузные автомобили</b>	<b>8,82</b>
<b>Автобусы, сельскохозяйственный транспорт</b>	<b>6,79</b>
<b>Лёгкий коммерческий транспорт</b>	<b>2,2</b>



**PRETTL**

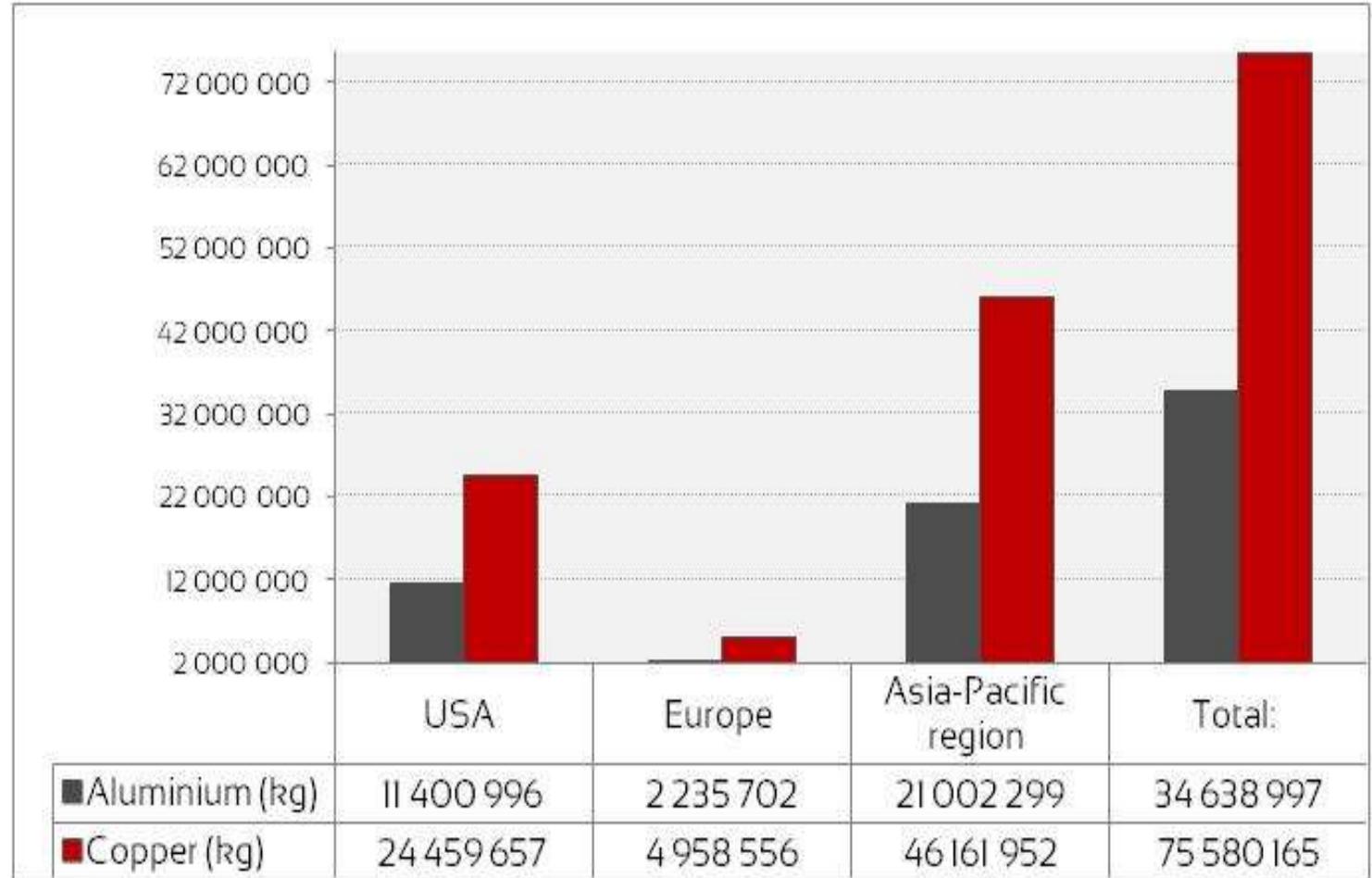
# Алюминиевый жгут проводов

Те же **кабели аккумуляторной батареи**, но из **алюминия**, будут иметь следующий вес

	<b>Mri (средняя масса проводов), кг</b>
<b>Большегрузные автомобили</b>	<b>3,95</b>
<b>Автобусы, сельскохозяйственный транспорт</b>	<b>3,04</b>
<b>Лёгкий коммерческий транспорт</b>	<b>1,04</b>



Таким образом, для замены меди на алюминий в кабелях аккумуляторных батарей коммерческих автомобилей в Азии, США и Европе потребуется **75 580 165** кг меди или **34 638 997** кг алюминия



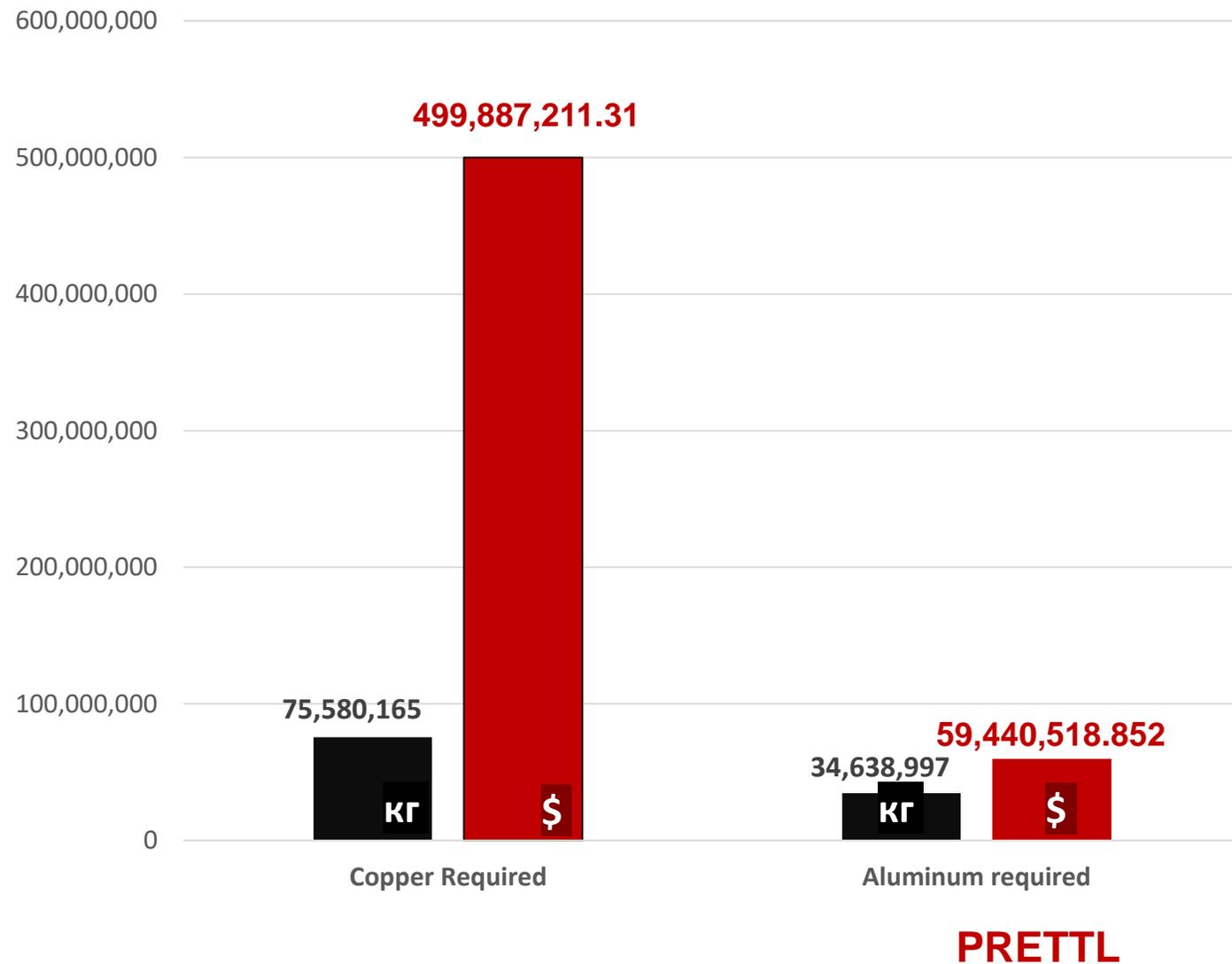
Расчёт стоимости  
**алюминия** и меди  
по обменному курсу  
**LME на 01.10.2020 г.**

Медь (Доллар США / тонна)	Алюминий (Доллар США / тонна)
6614.00	1716.00

Стоимость 75 580 165 кг меди: **\$499 887 211.31**

Стоимость 34 638 997 кг алюминия: **\$59 440 518.852**

Переход с **медного** кабеля аккумуляторной батареи на **алюминиевый** только для коммерческих автомобилей даёт экономический эффект в **\$ 440 446 692** долларов и значительную экономию потребления природных ресурсов.



**Более того, производство алюминия само по себе с экологической точки зрения является предпочтительным.**

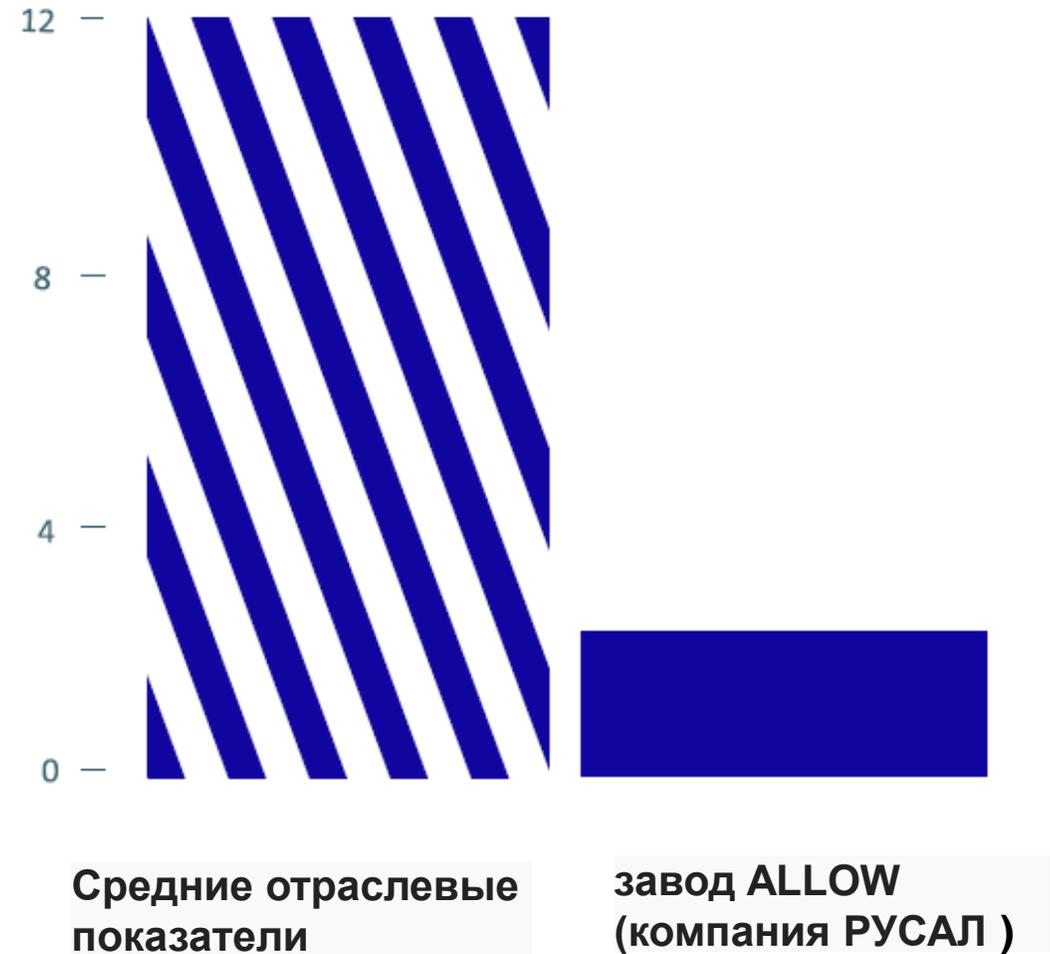
Компания Quantis (Швейцария) оказала поддержку компании РУСАЛ (в частности, заводу ALLOW) в пересмотре и совершенствовании сбора данных, а также в использовании методологии оценки выбросов парниковых газов при производстве алюминия. Выводы относительно углеродного следа и продукции были проверены аудиторами в 2017 и 2018 годах.

Прямые и косвенные выбросы парниковых газов на алюминиевых заводах, т CO<sub>2</sub> экв. / т ал. продукции

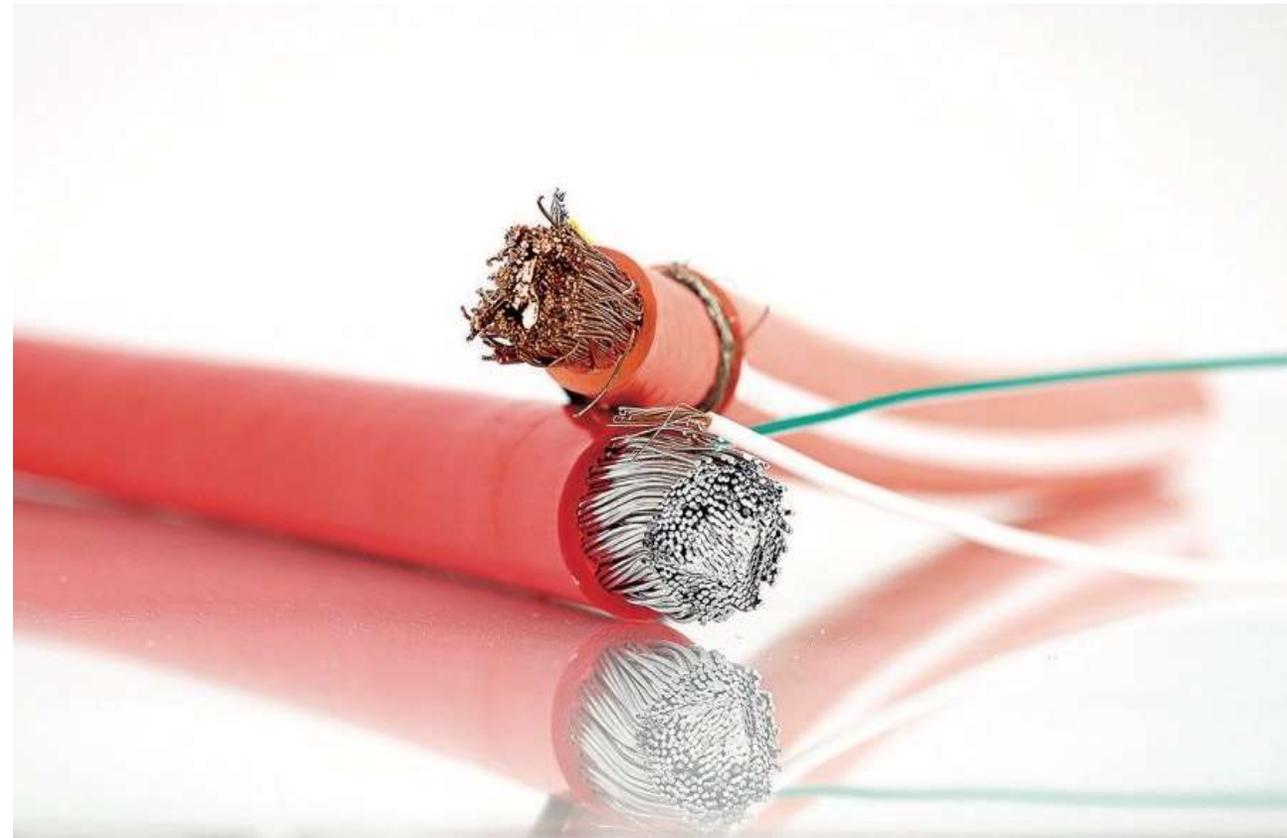
Углеродный след заводов ALLOW (прямые и косвенные выбросы)

**2,6** т CO<sub>2</sub> экв. / т ал. продукции

в 4 раза меньше, чем в целом по отрасли



Таким образом, мы видим, что у **алюминия** есть явное преимущество, причем как в **финансовом**, так и в **экологическом** аспектах. Более того, сегодня существуют технологии, позволяющие заменить медную электропроводку алюминиевой.



# Мировое значение

Ведущие игроки на рынке жгутов для автомобилей сосредоточены на расширении своей деятельности в развивающихся странах, последовательно внедряя инновационные решения для расширения своего ассортимента продукции. К таким игрокам относятся **Delphi Automotive LLP**, Furukawa Electric Co. Ltd, **Sumitomo Electric Industries**, Lear Corporation, **THB Group**, SPARK MINDA, **Samvardhana Motherson Group**, Nexans Autoelectric, **Yazaki Corporation** и Yura Corporation.

Другими участниками цепочки создания стоимости являются, в частности, компании Leoni Ag, Fujikura Ltd., QINGDAO SANYUAN GROUP и PKC Group.

# Конкурентный рынок

## Furukawa Electric Co.

Furukawa разработали алюминиевые сплавы система 1000, добавив к алюминию незначительное количество Fe, Cu и Mg. Этот сплав, носящий название MS2AL, является собственным сплавом компании Furukawa Electric, он обеспечивает хороший баланс пяти параметров, необходимых для жгута проводов: проводимость, стойкость к материалам, механическая прочность, гибкость и способность к излому.

**«В будущем увеличение процентного содержания алюминиевых проводов станет важной темой».**

**Furukawa**

**Electric Co.**

**PRETTL**

Из-за **оксидной плёнки алюминиевого провода** в случае кабелей большого размера с большим количеством жил возникала проблема неустойчивого электрического соединения.

Компания **Furukawa** решила внедрить предварительную обработку проводов сечением более 2,5 кв. мм, спаивая концы проводов с помощью ультразвуковой пайки или **ультразвуковой сварки**.



# Ультратонкостенная изоляция компании Delphi

Утверждается, что алюминиевый кабель обеспечивает такую же проводимость, как и кабель с медным сердечником, но весит **до 48 % меньше**. Производитель отмечает, что это соответствует нормативным требованиям OEMов, в том числе стандарту ISO-6722 (для алюминиевых проводов), стандарту LV112-2 (для кабелей аккумуляторных батарей) и стандарту USCAR-23 (для кабелей), а при использовании в сочетании с **ультратонкостенной изоляцией компании Delphi** обеспечивается отличная устойчивость к заземлению и к абразивному изнашиванию.



# Высокопрочный алюминий компании YAZAKI

Компания Yazaki, ведущий поставщик жгутов автомобильной электропроводки, предлагает новый подход, который предполагает добавление небольшого количества углеродных нанотрубок — микроскопически тонких нитей углерода — к алюминию, чтобы повысить его прочность и проводимость. Компания Yazaki сообщает, что благодаря процессу экструзионного прессования, разработанному компанией UTC America, она может создавать алюминиевую катанку, которая прочнее экструдированных алюминиевых прутков.



# SUMITOMO

## Жгуты проводов из высокопрочного алюминия

В связи с последними требованиями по снижению расхода топлива, повышению безопасности и комфорта во время движения автомобиля снижение веса жгута проводов (на 20–30 кг на автомобиль) приобрело особую важность. С целью снижения веса и стоимости для изготовления жгута двигателя вместо традиционно используемых медных проводов используются «провода из высокопрочного алюминиевого сплава».

## Технология

Прочность и характеристики при изгибе недавно разработанного «провода из высокопрочного алюминиевого сплава» выше, чем у медного провода (в два раза выше, чем у стандартного алюминиевого провода). Это позволяет использовать более тонкие провода и прокладывать их на вибрирующих и изгибающихся частях двигателя.

# Leoni

Алюминий уже некоторое время используется в аккумуляторах и силовых установках автомобилей премиум-класса. Компания LEONI поставляет **алюминиевые кабели аккумуляторных батарей** для **серийных автомобилей**, таких как **Renault Twingo**.

Экономия веса также даёт огромные преимущества в случае средне- и маломощных двигателей благодаря использованию таких проводов для подачи питания, а также в стандартных жгутах проводов. Кроме того, алюминиевые провода дешевле медных.



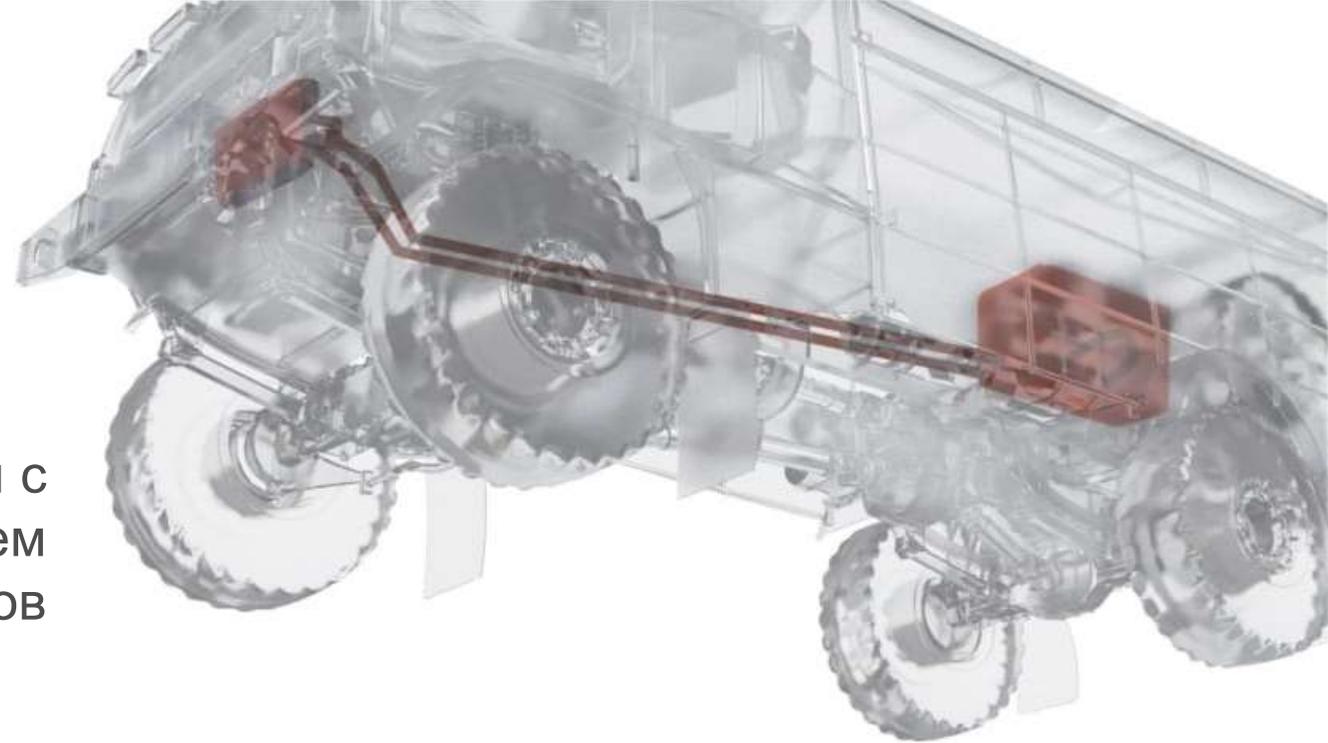
Новый автомобиль Renault Twingo 2018–2019 года представлен на Женевском автосалоне (Швейцария)

# PRETTL-NK

Компания ПРЕТТЛЬ-НК совместно с РусАлом с 2015 года занимается внедрением алюминиевой проводки силовой группы жгутов на российских автозаводах.

Одна машина КАМАЗа уже ездит по дорогам общего пользования с алюминиевыми жгутами производства ПРЕТТЛЬ-НК.

Завершены все испытания на КАМАЗ и ГАЗ. Серийные поставки намечены на 1 кв. 2021 года.



«Сегодня мы успешно освоили производство силовой группы жгутов из алюминиевого провода с применением ультразвуковых технологий сварки»

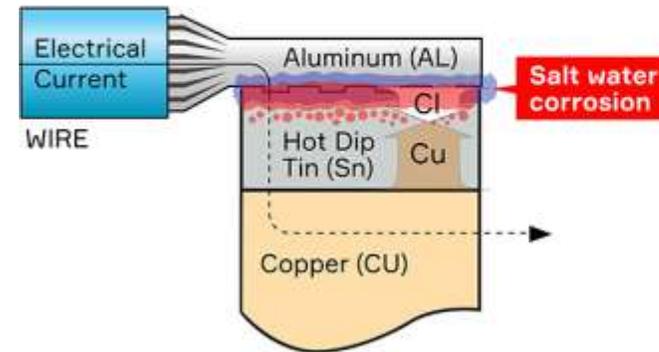
# Aptiv

«Сегодня мы можем сделать всю **систему электропроводки из алюминия**, включая провода, клеммы и использование уникальных производственных процессов. Цель на будущее состоит в том, чтобы использовать эти технологии создания электропроводки во всех местах автомобиля, в том числе в подкапотном пространстве с горячей и зачастую влажной средой».

Технология селективного нанесения металлических покрытий (SMC) является ключевым фактором для создания эффективных систем алюминиевых и медных соединений.

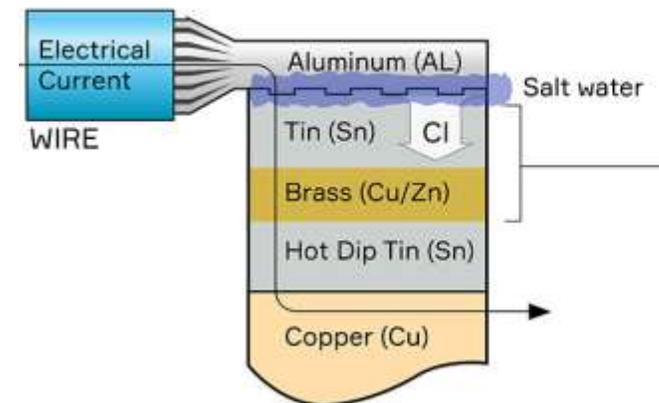
**Компания Aptiv протестировала** и подтвердила эффективность новых систем подключения с использованием технологии SMC **в восьми семействах автомобилей** четырёх производителей.

## Preventing Copper and Chloride From Meeting



### THE CORROSION PROBLEM WITHOUT PROTECTION

Under very harsh conditions inside a vehicle, chloride ions and copper ions have a direct path through the tin layer. In this case galvanic corrosion can become active at the boundary surface of the aluminum wire.



### APTIV'S SMC TECHNOLOGY SOLUTION

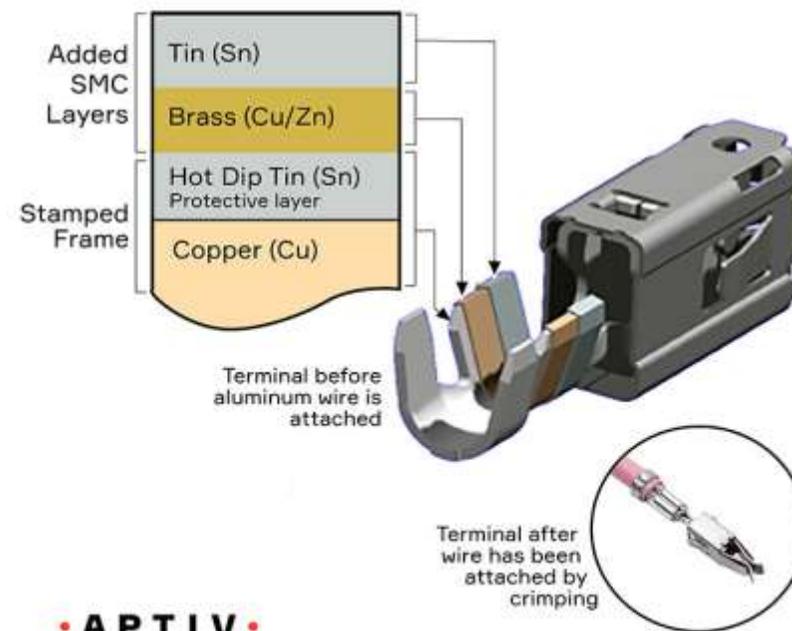
The SMC layer design contains a brass layer which acts as a barrier preventing chloride and copper diffusion. Chloride ions and copper ions are kept separate from each other. Zinc, as part of the brass layer inside stock, additionally protects the aluminum as a sacrificial element if needed.

Компания **Aptiv** разработала новый способ предотвращения **электрохимической коррозии** и **обеспечения стабильности** электрических и механических клеммных соединений алюминиевой проводки с использованием инновационной технологии, получившей название «**селективное нанесение металлических покрытий**» (SMC).

Когда медная клемма, алюминиевый провод и соленая вода (хлорид) встречаются внутри автомобиля, может возникнуть электрохимическая коррозия. Компания Aptiv разработала **технология SMC**, которая позволяет наносить покрытие из слоёв латуни и олова на материал клеммы для её защиты от электрохимической коррозии и обеспечения долговечности и надёжности.

## Terminals for Aluminum Wiring

When a copper terminal, aluminum wire and salt water (chloride) meet inside a car, galvanic corrosion can occur. Aptiv developed SMC technology, a layered design of brass and tin that is applied on existing terminal material to protect the assembly against galvanic corrosion, and ensure durability and robustness.



• APTIV •

PRETTL

# Фактическое состояние

США, Германия, Франция и Китай ввели в действие правительственные законы и правила, регулирующие выбросы транспортных средств, и обязали производителей автомобилей **использовать передовые технологии** для борьбы с высоким уровнем выбросов, производимых транспортными средствами.

Сообщается, что автомобильные жгуты проводов повышают топливную экономичность и снижают уровень выбросов транспортных средств; поэтому ожидается, что внедрение передовых жгутов проводов приведёт к производству экономичных и экологически чистых транспортных средств.



# Анализ продаж легковых автомобилей с алюминиевой электропроводкой

## РЫНОК США:

- **Ford- Transit** 137 794 шт/год в США / 7629 шт/год в Европе / 45 538 шт/год в Азии
- **GM- Cadillac** 154 702 шт/год в США / 1003 шт/год в Европе / 228 043 шт/год в Азии
- **GM- Corvette** 18 791 шт/год в США / 557 шт/год в Европе
- **Ferrari- неизвестно** 2518 шт/год в США / 3382 шт/год в Европе
- **Tesla- Модель 3** 139 782 шт/год в МИРЕ
- **Tesla- Модель Y**
- **Rolls-Royce** 326 шт/год в США / 716 шт/год в Европе

**Итого: 740 781 шт/год**

## ЕВРОПЕЙСКИЙ РЫНОК:

- **BMW Z4** 3 шт/год в США / 125 шт/год в Европе
- **BMW 1 серии** 127 681 шт/год в США / 0 шт/год в Европе / 40 231 шт/год в
- **BMW 3 серии** 106 991 шт/год в США / 44 578 шт/год в Европе / 134 476 шт/год в
- **BMW 5 серии** 108 658 шт/год в США / 43 937 шт/год в Европе / 13 494 шт/год в Китае
- **BMW 7 серии** 9 552 шт/год в США / 8 271 шт/год в Европе
- **BMW X3** 63 481 шт/год в США / 61 351 шт/год в Европе / 37 722 шт/год в Китае
- **BMW X5** 30 590 шт/год в США / 30 590 шт/год в Европе
- **BMW X6** 9 445 шт/год в США / 6 862 шт/год в Европе
- **Volkswagen Phaeton** 2 шт/год в Европе
- **Renault-Twingo** / 86 221 шт/год в Европе

**Итого: 964 261 шт/год**

## АЗИАТСКИЙ РЫНОК:

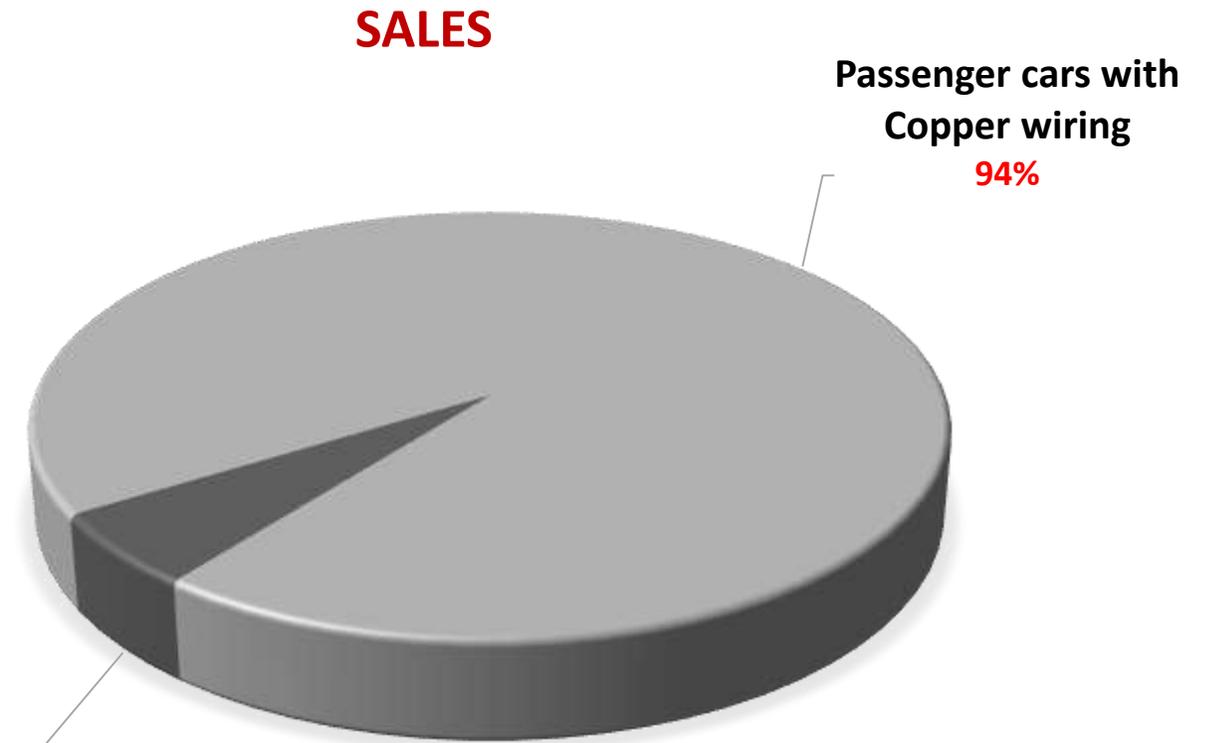
- **Toyota Ractis** 840 000 шт/год в МИРЕ
- **Toyota Land Cruiser** 3235 шт/год в США / 6 977 шт/год в Европе / 389 788 шт/год в Азии
- **Toyota Prius** 8399 шт/год в США / 9 760 шт/год в Европе
- **Toyota Yaris** 1940 шт/год в США / 215 968 шт/год в Европе
- **Toyota Verso-s** / 4 шт/год в Европе / 160 000 шт/год в Азии
- **Nissan X-trail** 412 110 шт/год в США / 48 133 шт/год в Европе / 310 907 шт/год в Азии
- **Nissan Qashkai** / 229 382 шт/год в Европе / 286 336 шт/год в Азии
- **Kia Stinger** 1021 шт/год в США / 3 820 шт/год в Европе
- **Honda Civic** 325 760 шт/год в США / 43 256 шт/год в Европе / 218 132 в Азии
- **Honda Insight** 12 510 шт/год в США

**Итого: 2 688 278 шт/год**

# Доля рынка

В 2018 году, по данным немецкого сайта Statista, по всему миру было продано **78 600 000** легковых автомобилей, из них **4 393 320** автомобилей с частичным использованием алюминиевого провода в электропроводке. Доля рынка — 6 %

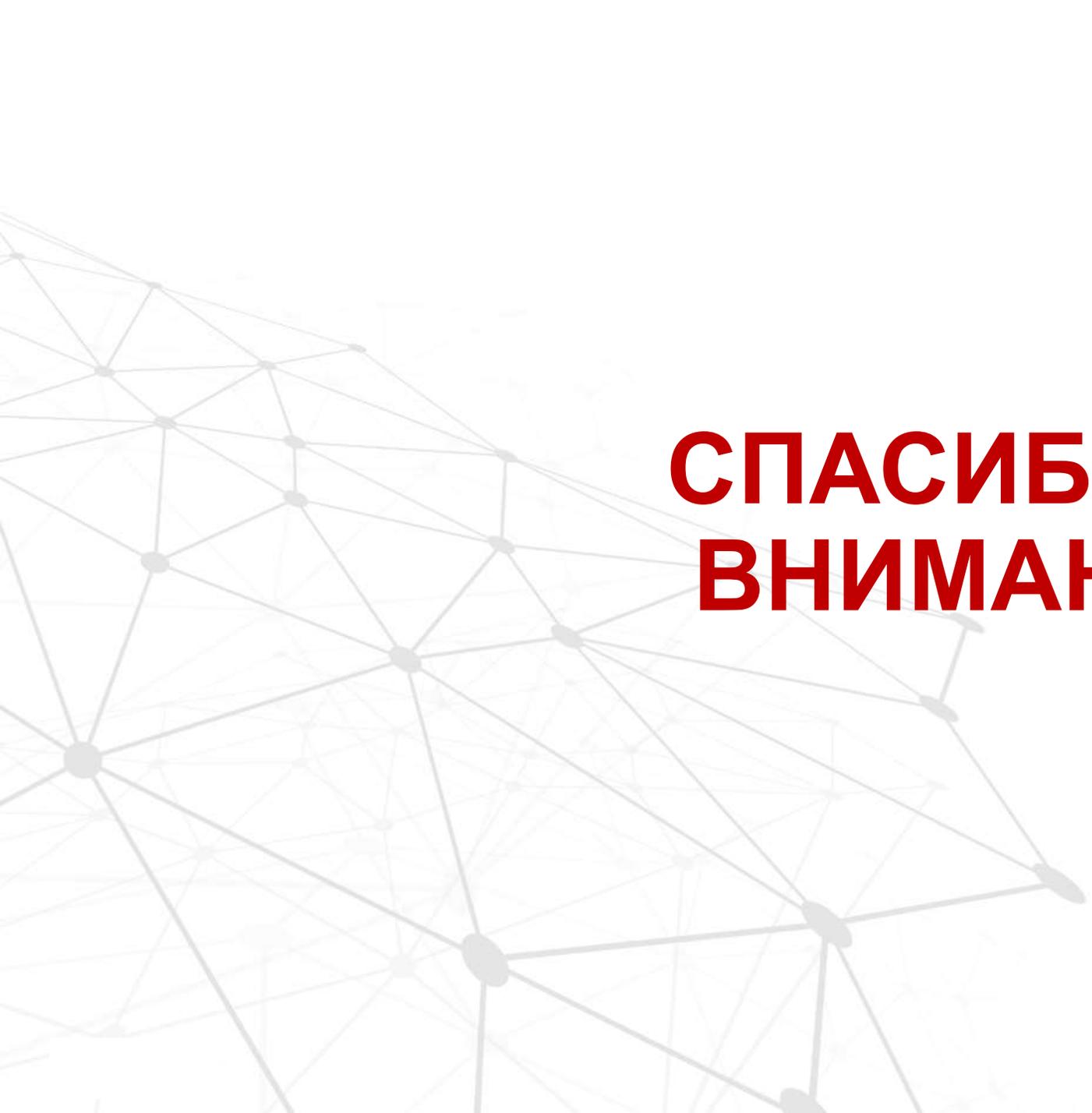
Passenger cars with  
Aluminum wiring  
6%



Если рассматривать только **жгут проводов аккумуляторной батареи** для этих 4 393 320 автомобилей, в сумме выходит около **7907 км алюминиевого провода**.

**Компания RUSAL совместно с компанией POLYAK и при поддержке PRETTL group** договорились о реализации проекта по созданию вертикально-интегрированной компании по производству жгутов из алюминиевых проводов на глобальном рынке. Данный проект даст мировому рынку решения использования алюминиевой проводки с аналогичными или даже лучшими свойствами относительно медных жгутов той же группы.





**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**