

Сравнительный анализ энергетической эффективности электромобилей «Юнибус» и «Tesla Model S»

1. Резюме

Сравнительный анализ показывает, что юнибус является самым экономичным и экологичным в мире электромобилем общественного пользования. При всех вариантах конструктивного исполнения юнибус эффективнее, например, электромобиля Tesla, минимум в 6,2 раза, а в оптимальном варианте исполнения – в 17,8 раз. Причём, при разгоне юнибуса массой 5 тонн до скорости 113,8 км/ч необходим привод мощностью всего 27,7 кВт (или 0,99 кВт/пасс.), а для в почти два раза более лёгкого Tesla массой 2590 кг требуется в 4,36 раза более мощный двигатель – 120,8 кВт (или 24,15 кВт/пасс., то есть в 24,4 раза больше, чем у юнибуса). При этом в торможении для юнибуса нет необходимости (в штатном режиме его тормозят аэродинамика и подъём в гору), в то время как для Tesla необходимы тормоза мощностью, равной: –53,8 кВт (см. табл. 1).

Если перевести затраченную на движение энергию в дизельное топливо (из расчёта 1 квт·ч = 0,25 кг дизельного топлива при работе двигателя внутреннего сгорания), то в городском цикле, с остановками через каждый километр, расход энергии, в пересчёте на дизельное топливо, будет равен:

- у 5-ти местного Tesla Model S: 8,25 кг/100км,
- у 28-ми местного юнибуса: 2,6 кг/100км.

Электрический транспорт (электромобиль – в том числе) в настоящее время только ухудшает глобальную экологию, так как на самом деле заменяет сжигание топлива непосредственно в месте потребления энергии на сжигание в 2,5 раза большего количества топлива в удалённом месте из-за потерь на преобразование и доставку энергии (топлива к электростанции и электричества к транспортному средству). В любом случае, якобы большая экологическая чистота электромобилей сегодня – это необоснованное заблуждение. А если принять к сведению, что двигатели внутреннего сгорания производят на планете примерно вчетверо больше энергии, чем все электростанции мира, то это и просто невежество.

Необходимы новые транспортно-инфраструктурные инновации, основанные на иных принципах эффективности. Например, если весь городской общественный транспорт мира перевести на юнибусы, а не на электромобили Tesla, то годовая экономия энергии (в пересчёте на дизельное топливо) в этом случае составит 623 млн тонн топлива стоимостью почти в триллион долларов.

2. Сравнительный анализ

2.1. Выбор аналога

Для сравнения энергетической эффективности городского юнибуса был выбран автомобиль Tesla Model S – один из лучших электромобилей мира. Юнибус приводится в движение электромоторами, поэтому также является электромобилем, и сравнение с Tesla для него является корректным и наиболее подходящим для анализа.

Исходные данные:

Параметр	Обозначение	Юнибус	Tesla Model S
Масса, кг	m_a	5000	2590
Коэффициент лобового аэродинамического сопротивления	C_x	0,08 (по результатам испытаний в аэродинамической трубе)	0,24
Лобовая площадь (мидель), м ²	A_v	5,36 (проектные данные)	2,34 (25,2 кв. футов)
Коэффициент сопротивления качению колёс	f	0,003 (по результатам испытаний на полигоне в г. Озёры)	$f_0=0,015$ (при скорости до 50 км/ч), или $f = f_0(1 + (0,006V_a)^2)$ (при скорости свыше 50 км/ч)
Передаточное число трансмиссии	U	1	9,73
КПД трансмиссии	η	1 (трансмиссия отсутствует)	0,96
Коэффициент трения качения (сцепление с полотном)	μ	0,2 (по результатам испытаний на полигоне в г. Озёры)	0,5
Радиус колеса, м	r_k	0,185	0,352 (245/45R17)
Схема движения		Провисающая путевая структура между точками, находящимися на одной высоте	Прямолинейное горизонтальное движение
Относительный прогиб путевой структуры на пролёте		1:20	0
Максимальный угол подъёма/спуска	α	5,71° (1:10)	0°
Расстояние движения, м	S	1000	
Ускорение при разгоне/замедление при торможении, м/с ²	a	1,0/–1,0	
Количество пассажиров, чел.		28	5

Данные по электромобилю Tesla Model S взяты с сайтов:

<http://www.teslamotors.com/support/model-s-specifications>

http://www.teslamotors.com/sites/default/files/blog_attachments/the-slipperiest-car-on-the-road.pdf

http://catalog.drom.ru/tesla/model_s/80715/



Рис. 1. Внешний вид электромобиля «Юнибус» (подвесной вариант)



Рис. 2. Городская станция SkyWay, совмещённая с пешеходным переходом

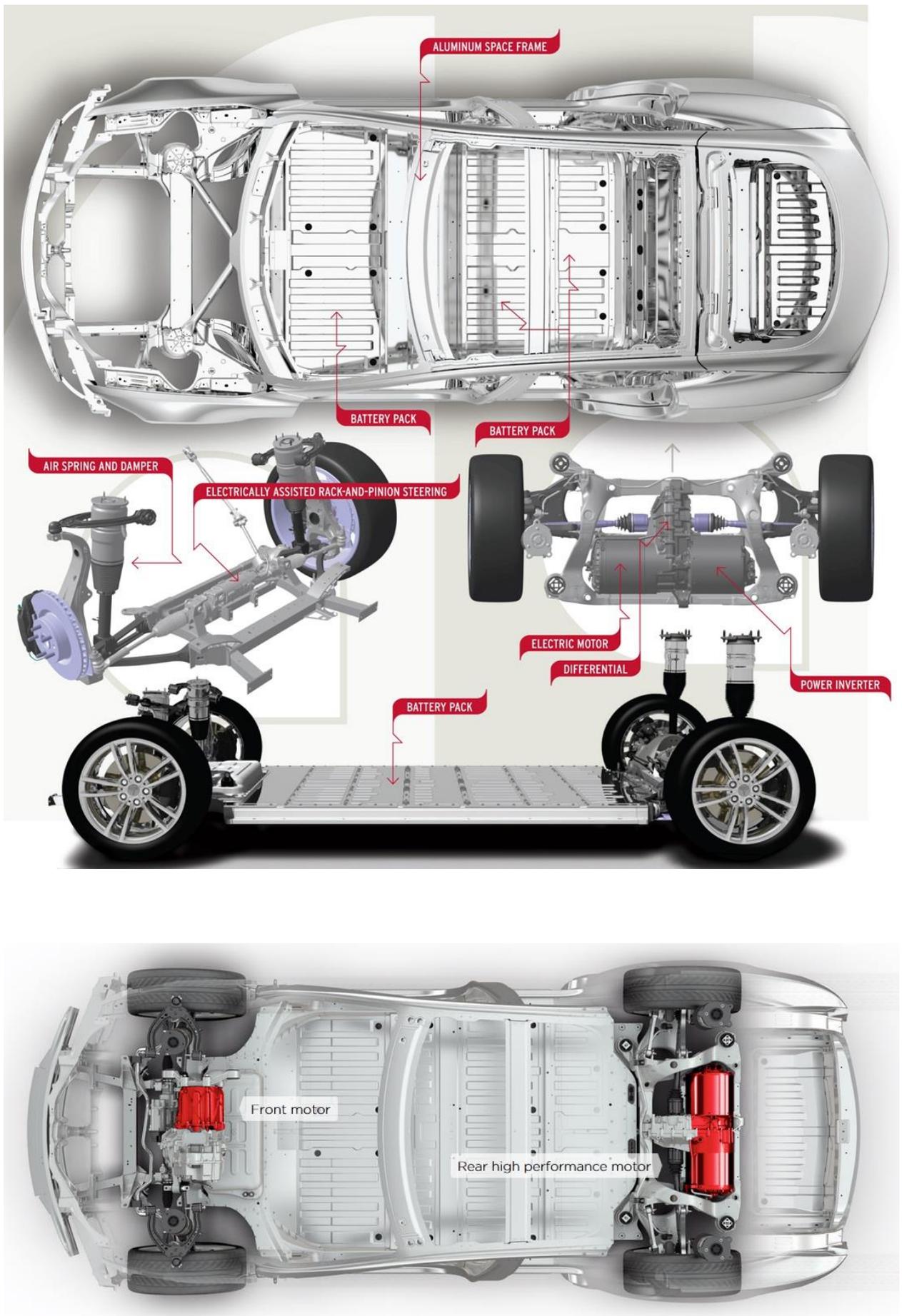


Рис. 3. Компоновка электромобиля Tesla Model S

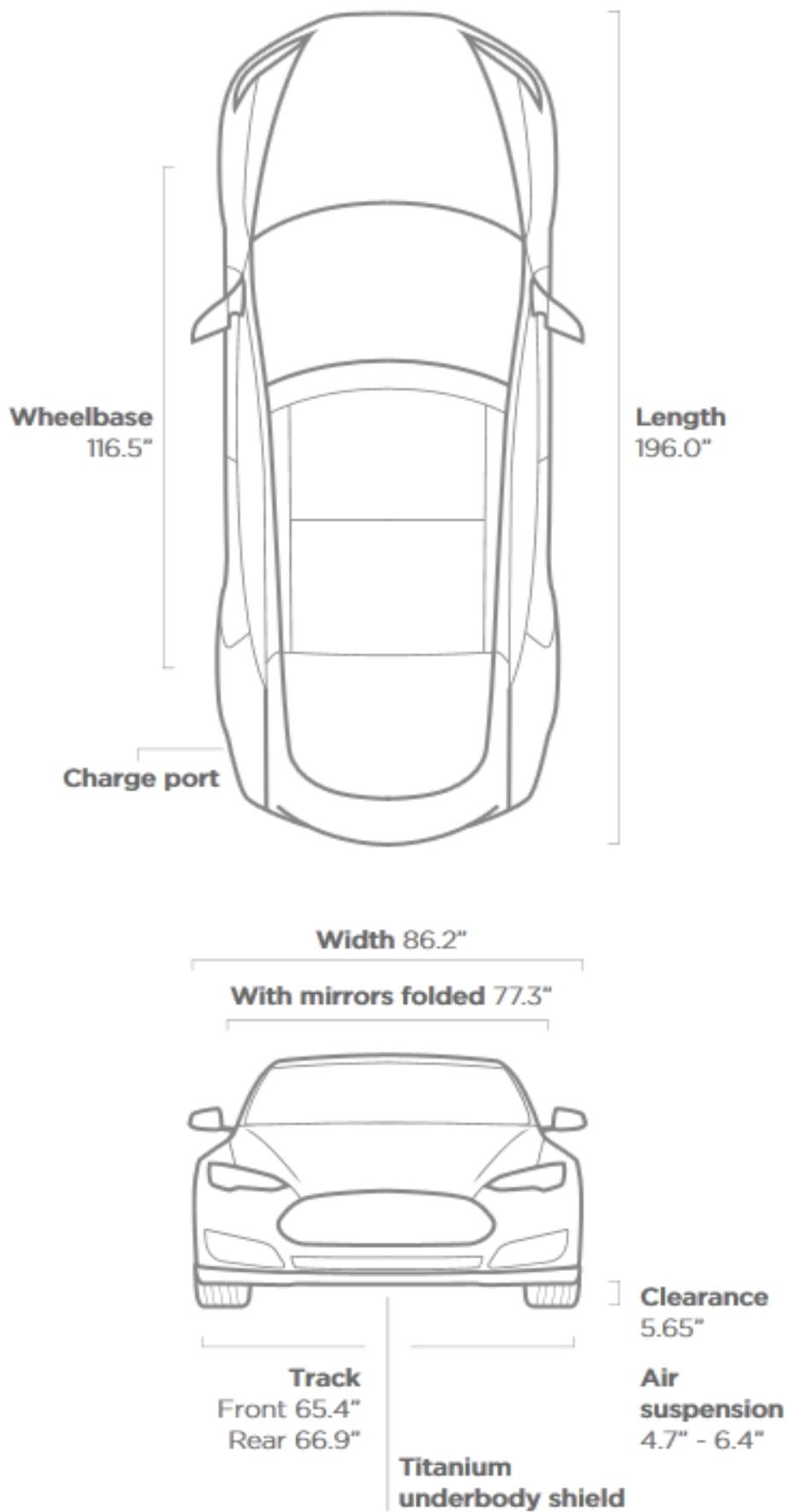


Рис. 4. Общие виды

электромобили Tesla Model S

2.2. Тягово-динамический расчёт электромобилей

Тяговый баланс

Уравнение тягового баланса имеет вид:

$$F_T = F_B + F_i + F_f + F_{aj},$$

где: F_T – сила тяги,

F_B – сила сопротивления воздуха,

F_i – сила сопротивления подъёму,

F_f – сила сопротивления качению,

F_{aj} – сила сопротивления разгону электромобиля.

Сила тяги (F_T)

Максимальная сила, реализуемая на колёсах, зависит от веса, приходящегося на ведущие колеса, и коэффициента сцепления колеса с рельсом (полотном). Сила рассчитывается по формуле:

$$F_m = G_{сц} \cdot \mu,$$

где: $G_{сц}$ – вес электромобиля, приходящийся на все ведущие колёса (сила реакции опоры);

$$G_{сц} = m_{сц} \cdot g; \quad m_{сц} = m_a \cdot g \cdot \cos \alpha;$$

m_a – масса электромобиля, кг;

α – угол подъёма/спуска, °;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

μ – коэффициент трения качения.

Суммарный крутящий момент на ведущих колёсах рассчитывается по формуле:

$$M_m = F_m \cdot r_k,$$

где: r_k – радиус ведущего колеса, м.

Сила сопротивления воздуха (F_B)

Сила сопротивления воздуха существенно влияет на тягово-скоростные свойства электромобиля, особенно при высоких скоростях движения. Основной составляющей сопротивления воздуха является лобовое сопротивление. Лобовое сопротивление в основном определяет затраты мощности двигателя при высоких скоростях. Сила лобового сопротивления равна:

$$F_B = C_x \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} \cdot A_B,$$

где: C_x – коэффициент лобового сопротивления (коэффициент обтекаемости);

ρ – плотность воздуха, равна 1,2041 кг/м³ при температуре 20°C;

V – скорость относительного движения воздуха и электромобиля, м/с;

A_B – лобовая площадь корпуса (мидель), м².

Сила сопротивления подъёму (F_i)

Сила сопротивления подъёму определяется выражением:

$$F_i = G_a \cdot \sin \alpha,$$

где: G_a – вес электромобиля, Н, $G_a = m_a \cdot g$;

Силы сопротивления качению (F_f)

Сила сопротивления качению колёс рассчитывается по формуле:

$$F_f = f \cdot G_a,$$

где: f – коэффициент сопротивления качению.

Сила сопротивления разгону (F_{aj})

Сила сопротивления поступательному разгону электромобиля – это сила его инерции

$$F_{aj} = \delta \cdot m_a \cdot \frac{dv}{dt},$$

где: δ – коэффициент учёта вращающихся масс;

$\delta = 1,07$ – $1,11$, принимаем $\delta = 1,07$.

2.3. Выполнение расчётов

Сила тяги и сила сопротивления воздуха при заданной скорости движения зависят от конструкции электромобиля. Разность силы тяги и силы сопротивления воздуха – свободная сила тяги, которая может быть использована для преодоления сил сопротивления дороги и разгона автомобиля.

При равномерном разгоне с ускорением $1,0 \text{ м/с}^2$ и равномерном торможении с замедлением $-1,0 \text{ м/с}^2$ на длине пути 1000 м , путь разгона составит 500 м и путь торможения также составит 500 м .

Максимальную скорость движения и время разгона определяем исходя из формул:

$$V = a \cdot t, \quad S = at^2/2.$$

Время разгона составит $31,6 \text{ с}$.

Максимальная скорость движения составит $31,6 \text{ м/с} = 113,8 \text{ км/ч}$.

Время торможения с замедлением $-1,0 \text{ м/с}^2$ составит $31,6 \text{ с}$.

Крутящий момент при разгоне подбираем в размере, необходимом для ускорения электромобиля с ускорением $1,0 \text{ м/с}^2$. Аналогично при торможении подбираем момент, необходимый для замедления с ускорением $-1,0 \text{ м/с}^2$.

Результаты тягово-динамических расчётов по описанному выше базовому варианту сравнения сведены в табл. 1. Результаты расчётов энергетических затрат по базовому варианту сравнения представлены в табл. 2.

Схема движения юнибуса по провисающей структуре представлена на рис. 1.

При расчёте энергетических затрат автомобиля Tesla учитываем рекуперацию энергии. Рекуперированная энергия при торможении составляет 60% от энергии, получаемой при электромагнитном торможении электродвигателями.

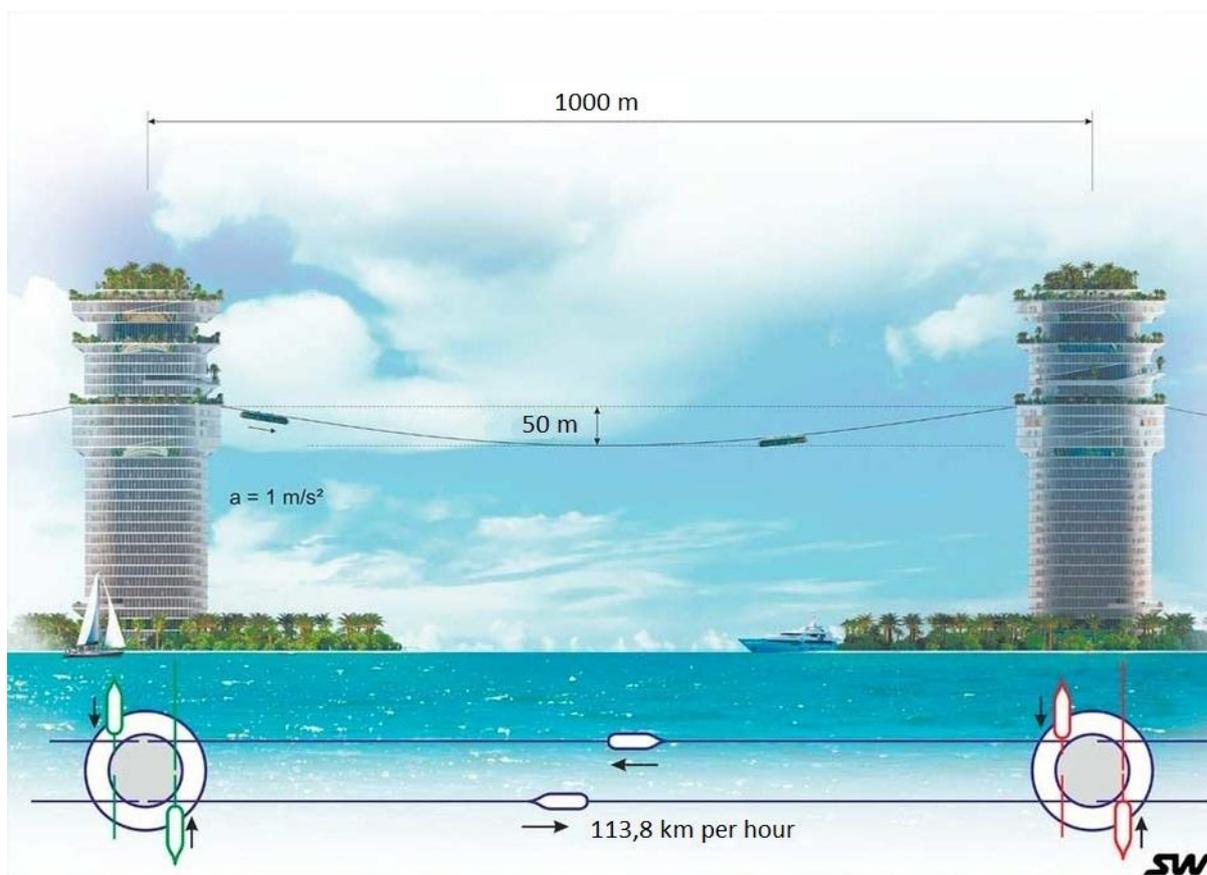


Рис. 5. Схема движения подвешенного юнибуса по провисающей путевой структуре

Для более наглядного анализа проведём также сравнительный расчёт юнибуса и автомобиля Tesla Model S, имеющих одинаковые характеристики.

Вариант 1 («Юнибус – как Tesla»)

Масса юнибуса равна массе Tesla и равна 2590 кг.

Мидель юнибуса равен миделю Tesla и равен $2,34 \text{ м}^2$.

Число пассажиров одинаково – по 5 человек.

Расчет ведём по ранее приведённым формулам.

Результаты тягово-динамических расчётов сведены в табл. 3.

Результаты расчётов энергетических затрат представлены в табл. 4.

Вариант 2 («Tesla – как юнибус»)

Масса Tesla равна массе юнибуса и равна 5000 кг.

Мидель Tesla равен миделю Юнибуса и равен $5,36 \text{ м}^2$.

Число пассажиров одинаково – по 28 человек.

Расчёт ведём по ранее приведённым формулам.

Результаты тягово-динамических расчётов сведены в табл. 5.

Результаты расчётов энергетических затрат представлены в табл. 6.

Таблица 1

Данные сравнительного тягово-динамического расчёта по базовому варианту

Параметр	Расстояние, м	Максимальная скорость, м/с (км/ч)	Крутящий момент на колёсах при разгоне, Н·м	Крутящий момент на колёсах при торможении, Н·м	Максимальная мощность при разгоне, кВт	Максимальная мощность при торможении, кВт
Юнибус (5 т, 28 пасс.)	1000	31,6 (113,8)	115–162	0	27,7	0
Tesla Model S (2,59 т, 5 пасс.)			1110–1292	–624... –805	120,8	–53,8

Таблица 2

Энергетические затраты по базовому варианту

Параметр	Расстояние, м	Время движения, с	Максимальная скорость, м/с (км/ч)	Средняя скорость, м/с (км/ч)	Энергия, затраченная при разгоне, кВт·ч	Энергия, затраченная/полученная при торможении, кВт·ч	Энергия, затраченная на движение, кВт·ч	Энергия, затраченная на движение одного пассажира, кВт·ч
Юнибус (5 т, 28 пасс.)	1000	63,2	31,6 (113,8)	15,8 (56,9)	0,104	0	0,104	0,0037
Tesla Model S (2,59 т, 5 пасс.)					0,493	0,163	0,33	0,066
Энергетическая эффективность юнибуса в сравнении с автомобилем Tesla Model S, раз (%)					4,74 (474%)	–	3,17 (317%)	17,8 (1780%)

Таблица 3

Данные тягово-динамического расчёта по варианту 1 («Юнибус – как Tesla»)

Параметр	Расстояние, м	Максимальная скорость, м/с (км/ч)	Момент на колесах при ускорении, Н·м	Момент на колесах при торможении, Н·м	Макс. мощность при разгоне, кВт	Макс. мощность при торможении, кВт
Юнибус (2,59 т, 5 пасс.)	1000	31,6 (113,8)	59–80	0	13,7	0
Tesla Model S (2,59 т, 5 пасс.)			1110–1292	–624... –805	120,8	–53,8

Таблица 4

Энергетические затраты по варианту 1 («Юнибус – как Tesla»)

Параметр	Расстояние, м	Время движения, с	Максимальная скорость, м/с (км/ч)	Средняя скорость, м/с (км/ч)	Энергия, затраченная при разгоне, кВт·ч	Энергия, затраченная/полученная при торможении, кВт·ч	Энергия, затраченная на движение, кВт·ч	Энергия, затраченная на движение одного пассажира, кВт·ч
Юнибус (2,59 т, 5 пасс.)	1000	63,2	31,6 (113,8)	15,8 (56,9)	0,053	0	0,053	0,0106
Tesla Model S (2,59 т, 5 пасс.)					0,493	0,163	0,330	0,066
Энергетическая эффективность юнибуса в сравнении с автомобилем Tesla Model S, раз (%)					9,3 (930%)	–	6,23 (623%)	6,23 (623%)

Таблица 5

Данные тягово-динамического расчёта по варианту 2 («Tesla – как юнибус»)

Параметр	Расстояние, м	Максимальная скорость, м/с (км/ч)	Момент на колесах при ускорении, Н·м	Момент на колесах при торможении, Н·м	Макс. мощность при разгоне, кВт	Макс. мощность при торможении, кВт
Юнибус (5 т, 28 пасс.)	1000	31,6 (113,8)	115–162	0	27,7	0
Tesla Model S (5 т, 28 пасс.)			2143–2536	–1161... –1554	237,1	–100,1

Таблица 6

Энергетические затраты по варианту 2 («Tesla – как юнибус»)

Параметр	Расстояние, м	Время движения, с	Максимальная скорость, м/с (км/ч)	Средняя скорость, м/с (км/ч)	Энергия, затраченная при разгоне, кВт·ч	Энергия, затраченная/полученная при торможении, кВт·ч	Энергия, затраченная на движение, кВт·ч	Энергия, затраченная на движение одного пассажира, кВт·ч
Юнибус (5 т, 28 пасс.)	1000	63,2	31,6 (113,8)	15,8 (56,9)	0,104	0	0,104	0,0037
Tesla Model S (5 т, 28 пасс.)					0,960	0,308	0,652	0,0232
Энергетическая эффективность юнибуса в сравнении с автомобилем Tesla Model S, раз (%)					9,23 (923%)	–	6,27 (627%)	6,27 (627%)

2.4. Сравнительный анализ электромобилей

Из расчётов видно, что юнибус при одинаковых весогабаритных параметрах («Юнибус – как Tesla», либо «Tesla – как юнибус») эффективнее электромобиля Tesla Model S в 6,23–6,27 раз (см. табл. 4 и табл. 6). Это обусловлено как использованием стальных колёс, с более низким коэффициентом сопротивления качению, так и более обтекаемой формой юнибуса, а также – использованием в качестве «рекуператора» энергии законов физики – гравитации, или гравитационного привода. Ведь на перегоне между станциями с провисающей путевой структурой (см. рис. 5) половину пути – на спуске – юнибус, кроме привода, разгоняется гравитацией, а на подъёме – тормозится в основном гравитацией, преобразуя с КПД=100% кинетическую энергию движения на потенциальную энергию подъёма на станцию.

Если же рассматривать реальный автомобиль Tesla Model S и электромобиль «Юнибус», то эффективность юнибуса по сравнению с Tesla достигает 17,8 раз (см. табл. 2). Такая эффективность обусловлена, как уже отмечалось выше, использованием стальных колёс, с более низким коэффициентом сопротивления качению, более обтекаемой формой юнибуса, использованием в качестве «рекуперации» законов физики (гравитации), а также более рациональным использованием массы транспортного средства и его пассажироместимости.

Кроме того, следует обратить внимание на то, что при разгоне юнибуса массой 5 тонн до скорости 113,8 км/ч необходим привод мощностью всего 27,7 кВт (или 0,99 кВт/пасс.), а для в почти два раза более лёгкого Tesla массой 2590 кг требуется в 4,36 раза более мощный двигатель – 120,8 кВт (или 24,15 кВт/пасс., то есть в 24,4 раза больше, чем у юнибуса). При этом в торможении для юнибуса нет необходимости (в штатном режиме его тормозят аэродинамика и подъём в гору), в то время как для Tesla необходимы тормоза мощностью, равной: –53,8 кВт (см. табл. 1).

При этом требуемый крутящий момент на колёсах при разгоне до тех же скоростей (при в два раза большей массе) у юнибуса в 8–9 раз ниже, чем у Tesla (115–162 Н·м у юнибуса и 1110–1292 Н·м у Tesla). Это значительно упрощает и удешевляет привод электромобиля. В дополнение к этому – крутящий момент на колёсах у юнибуса при торможении равен нулю (что говорит о том, что при штатном режиме торможения тормоза ему не нужны), в то время как для Tesla, который почти в два раза легче, – нужны мощные тормоза, создающие крутящий момент, равный: –624...–805 Н·м (см. табл. 1).

Таким образом, можно утверждать, что юнибус – самый экономичный в мире электромобиль общественного пользования. При всех вариантах конструктивного исполнения юнибус эффективнее, например, электромобиля Tesla, минимум в 6,2 раза, а в оптимальном варианте исполнения – в 17,8 раз.

Если перевести затраченную на движения энергию в дизельное топливо (из расчёта $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 0,25 \text{ кг}$ дизельного топлива при работе двигателя внутреннего сгорания), то в городском цикле движения, с остановками через каждый километр, расход энергии, в пересчёте на дизельное топливо, будет равен:

- у 5-ти местного Tesla Model S: $0,33\text{квт}\times\text{ч} \times 100\text{км} \times 0,25 \text{ кг/квт}\times\text{ч} = 8,25 \text{ кг/100км}$,
- у 28-ми местного юнибуса: $0,104\text{квт}\times\text{ч/км} \times 100\text{км} \times 0,25 \text{ кг/квт}\times\text{ч} = 2,6 \text{ кг/100км}$.

Городской пассажирский автопарк можно перевести на электромобили Tesla, или на юнибусы. При одинаковом объёме пассажирских перевозок, экологическая нагрузка на городскую среду во втором случае будет снижена в $(8,25\text{кг}/2,6\text{кг}) \times (28 \text{ пасс.}/5\text{пасс.}) = 17,8$ раз. Это ещё раз подтверждает колоссальные преимущества юнибусов перед лучшими мировыми аналогами.

3. Масштабный фактор реализации самого эффективного электромобиля – юнибуса

По данным Международного энергетического агентства пассажиропоток в общественном транспорте мира в настоящее время находится на уровне 40 триллионов пассажиро-километров, при средней дальности поездки порядка 10 км, то есть ежегодно происходит порядка 4 триллионов поездок пассажиров на общественном городском транспорте.

(см.: https://www.iea.org/media/workshops/2013/egrdrmobility/DULAC_23052013.pdf).

Если весь общественный транспорт мира перевести на юнибусы, а не на Tesla, то экономия энергии (в пересчёте на дизельное топливо) в этом случае составит:

$(0,066 - 0,0037)\text{квт}\times\text{ч/км} \times 0,25 \text{ кг/квт}\times\text{ч} \times 40\,000\,000\,000\,000 \text{ км/год} = 623\,000\,000\,000 \text{ кг/год} = 623$ млн тонн топлива в год.

4. Вся правда об электрифицированном транспорте

В самом начале энергетической цепочки электрифицированного транспорта стоит тепловая электростанция, преобразующая тепловую энергию ископаемого топлива – угля, мазута, газа, торфа, ядерного топлива и др. – в электричество. Преобразование идёт с КПД, достигающим только 40% – по тем же термодинамическим причинам, что и в двигателе внутреннего сгорания (ибо температуры горения топлива одинаковы, температуры холодильника – также).

Но пока электрическая энергия дойдёт до колеса транспортного средства, которое и приводит его в движение, по цепочке: «повышающая подстанция – высоковольтная линия электропередач на тысячи километров – понижающая высоковольтная подстанция – линия электропередач – тяговая подстанция – контактная сеть – преобразователи и электрическая сеть на борту – катушки электродвигателя – редуктор – колесо», пройдя по пути через многочисленные коммутаторы и преобразователи, на полезную механическую работу остаётся не более 40%, примерно как и в самой тепловой электростанции. Тогда общее КПД (по отношению к топливу) электротранспорта будет равен: $0,4 \times 0,4 = 0,16$, или 16% – как у современного паровоза.

Не лучше выглядят и электротранспорт без контактной сети, с накопителями энергии, теми же аккумуляторами на борту, – их ведь нужно возить с собой, а они не являются полезной нагрузкой. Да и зарядная станция с выпрямителем ещё возьмет свой «налог»; да и КПД при зарядке

аккумуляторов тоже не блещет своей величиной, как и рекуперация энергии при торможении электромобиля в городском режиме – обратно в механическую работу вернётся не более 60% энергии.

Обычный же автобус (автомобиль) имеет другую, гораздо более короткую, энергетическую цепочку. Это двигатель внутреннего сгорания, прямо преобразующий тепловую энергию ископаемого топлива – бензина, дизельного топлива, газа и др. – в механическую энергию транспортного средства непосредственно на его борту, во время движения.

Таким образом, в конце обеих цепочек – механическая энергия движения транспортного средства, а в начале – энергия ископаемого топлива. При этом "полезный результат" – это конечная механическая энергия транспортной услуги (перемещение пассажиров и грузов), причём вредные выбросы и экологические проблемы прямо пропорциональны массе сожжённого ископаемого топлива. Поэтому электрифицированный транспорт примерно в 2,5 раза экологически опаснее традиционного автомобиля. Если, конечно же, под экологией понимать не местечковые интересы городского жителя, а глобальную экологию.

Иными словами, электрический транспорт в настоящее время только ухудшает глобальную экологию, так как на самом деле заменяет сжигание топлива непосредственно в месте потребления энергии на сжигание топлива в удалённом месте, что только увеличивает потери на доставку энергии (топлива к электростанции и электричества к транспортному средству). В любом случае, якобы большая экологическая чистота электромобилей сегодня – это необоснованное заблуждение. А если принять к сведению, что двигатели внутреннего сгорания производят на планете примерно вчетверо больше энергии, чем все электростанции мира, вместе взятые, то это и просто невежество.

Значит, вопрос вопросов простой: «Что разумнее – сжигание ископаемого топлива непосредственно в двигателе внутреннего сгорания на борту транспортного средства или в 2,5 раза больший объём топлива, сожжённого на удалённой за тысячи километров ТЭЦ, чтобы получить равную механическую энергию – транспортную услугу – на выходе?»

Поэтому не стоит возлагать столь большие надежды на массовый электромобиль или на автомобиль, чья работа основывалась бы на использовании того или иного вида накопителя энергии, будь то электрохимическая батарея, конденсатор или супермаховик, ибо никакая революция в энергетике не способна обеспечить то количество энергии, что сейчас вырабатывается в двигателях внутреннего сгорания автомобилей. Так что автомобили с автономными двигателями ещё долго будут служить нам. А если эти автомобили станут ещё и гибридными, то и заменять их электромобилями на аккумуляторах вообще не имеет смысла – первые и экономичнее, и экологичнее вторых.

Ситуация может измениться только в том случае, если будет найден масштабный способ экологически чистого производства электроэнергии, способный покрыть потребности

человечества полностью, либо – если человечество перейдёт на принципиально иной транспорт, потребляющий на порядок меньше энергии. То есть – на SkyWay.

5. Что делать?

Из анализа, приведённого выше, следует, что перевод транспорта на электропривод не только не решает глобальные проблемы человечества, но и увеличивает их. Необходимы новые транспортно-инфраструктурные инновации, основанные на иных принципах эффективности.

По законам термодинамики, любая механическая работа в конечном итоге превращается в тепло. Любой наземный транспорт на планете перемещается практически горизонтально – станции отправления и станции назначения находятся на одной высоте. Поскольку пассажиропоток в любой замкнутой транспортной сети одинаков в обоих направлениях, то полезная транспортная работа в этих условиях равна нулю, так как энергетическая составляющая грузов (пассажира) не меняется со временем – высота размещения полезной нагрузки над уровнем моря не изменяется (значит потенциальная энергия неизменна), и их скорость относительно поверхности земли на станциях отправления и назначения не изменяется и равна нулю (значит кинетическая энергия также неизменна). Поэтому любой наземный транспорт не совершает полезную транспортную работу – она всегда равна нулю. Вся энергия на перемещение, всё сожжённое топливо в двигателях внутреннего сгорания и в топках тепловых электростанций идут на борьбу с окружающей средой и на её разрушение, так как Природа препятствует перемещению. А именно:

- 1) большая часть энергии уходит на нагрев и загрязнение окружающей среды ещё до получения механической энергии, так как КПД преобразования тепловой энергии в механическую в транспорте меньше 50%, при этом в традиционном автомобильном транспорте потери энергии на нагрев составляют $100\% - 40\% = 60\%$, в электрифицированном (если взять в расчёт всю энергетическую цепочку): $100\% - 16\% = 84\%$;
- 2) эффективность транспорта можно повышать только путём уменьшения сопротивления движению и уменьшения всех потерь – это и есть улучшение экологии. При этом, в первую очередь, необходимо улучшать аэродинамику транспортного средства (например, при высокоскоростном движении колёсного транспортного средства на аэродинамику уходит более 90% потребляемой энергии), а, во вторую, – улучшать качество стального колеса (колесо с контактом «сталь – сталь» имеет КПД 99,8%, что значительно эффективнее магнитного подвешивания и пневматического колеса).

Таким образом, оптимизация любой транспортной системы (и SkyWay здесь не исключение) должна заключаться в следующем:

- 1) улучшение высокоскоростной аэродинамики и устранение всех выступающих элементов на корпусе – транспортное средство должно быть выполнено в форме «бескрылый самолёт»;
- 2) устранение экрана под днищем транспортного средства, что улучшает аэродинамику ещё в 2 раза;

- 3) применение движителя в виде пары «стальное колесо – стальной рельс», что на порядок эффективнее пар «пневматическая шина – асфальт» и «магнитная подушка – линейный электродвигатель»;
- 4) улучшение опирания стального колеса на рельс в сравнении с традиционной железной дорогой, в частности, исключение колёсной пары и конусности колеса;
- 5) исключение редуктора и переход на мотор-колесо;
- 6) обязательная рекуперация энергии движения при торможении;
- 7) применение гравитационного двигателя при разгоне и гравитационного тормоза при торможении транспортного средства;
- 8) снижение паразитного веса транспортного средства до 150–200 кг/пасс.

Именно по такому пути совершенствования подвижного состава и развивается технология SkyWay. При этом простой перевод транспорта на электрическую тягу, как видят это многие аналитики и футурологи, не только не решит ни локальных, ни глобальных проблем человечества, а только усилит их.

Только технологии SkyWay смогут эффективно решить стоящие перед человечеством энергетические и экологические транспортно-инфраструктурные вызовы.