

---

## ВАРИАНТ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РОССИИ

**Маевский Виталий Олегович**

Магистратура 2й курс, выпуск  
специальность "Инноватика"

Воронежский государственный технический университет, кафедра "Инноватики и строительной физики"

### Аннотация

---

В обзорной статье рассматриваются наиболее значимые вопросы массового перехода на электротранспорт в России. Предлагается локально, начиная с сильно заселенных регионов с затрудненными сообщениями, строить разветвленную структуру регулярных воздушных перевозок на основе малой электроавиации с сотовой сетью зарядных станций пригодных как для малой электроавиации, так и для наземного регулярного электротранспорта.

**Ключевые слова:** авиа транспорт, малая авиация, электроавиация, аккумуляторы, электрический транспорт, сотовая авиация, сотовая зарядная станция.

---

## ELECTRIC TRANSPORT DEVELOPMENT OPTION IN RUSSIA

**Vitaliy O. Mayevsky**

Master 2 year, graduation  
specialty "Innovation"

Voronezh State Technical University, Department of "Innovation and Building Physics"

### ABSTRACT

---

The review article discusses the most significant issues of the mass transition to electric transport in Russia. It is proposed to locally, starting from heavily populated regions with difficult communications, build a branched structure of regular air transportation on the basis of small electric aviation with a cellular network of charging stations suitable for both small electric aviation and ground regular electric transport.

**Key words:** air transport, small aviation, electric aviation, batteries, electric transport, cellular aviation, cellular charging station.

---

Появление на рынке высокоэнергетических литий ионных аккумуляторов фактически положило начало новому направлению в области перевозок - электрический транспорт. В настоящее время, мировая тенденция развития электрического транспорта

наиболее отчетливо прослеживается в двух направлениях: наземный - грузовые и пассажирские перевозки и воздушный транспорт - малая электроавиация.

Имеется по крайней мере три причины для перехода от традиционных видов транспорта, работающих на нефтепродуктах к электро транспорту.

Во-первых, традиционный транспорт полностью зависим от нефтеперерабатывающей отрасли как источника энергии. Поэтому стоимость перевозок прямо зависит от наличия и стоимости ископаемых энерго ресурсов.

Во-вторых, переработка ископаемого сырья для энергоносителей и сама добыча нефти или газа в принципе сопряжена как с большими капитальными вложениями, так и с неизбежными масштабными изменениями в окружающей среде, с ее загрязнением при сжигании топлива.

В-третьих, двигатели внутреннего сгорания многократно сложнее электродвигателей, требуют более сложных механических конструкций для применения, более сложны в управлении и гораздо менее надежны, чем электродвигатели.

По механико-мощностным характеристикам и КПД двигатели внутреннего сгорания тоже сильно уступают электродвигателям. Все это было давно известно, однако практически выгодное использование электротяги для автомобилей и, затем, для летательных аппаратов стало возможным лишь недавно (2010-2013 гг) с появлением литий-ионной технологии накопления электрической энергии. Например, в Китае, по данным агентства группы Bloomberg New Energy Finance, на 1000 электрических автобусов каждый день с рынка вытесняется до 500 баррелей дизельного топлива, а всего в Китае уже 500 тысяч автобусов на электротяге.

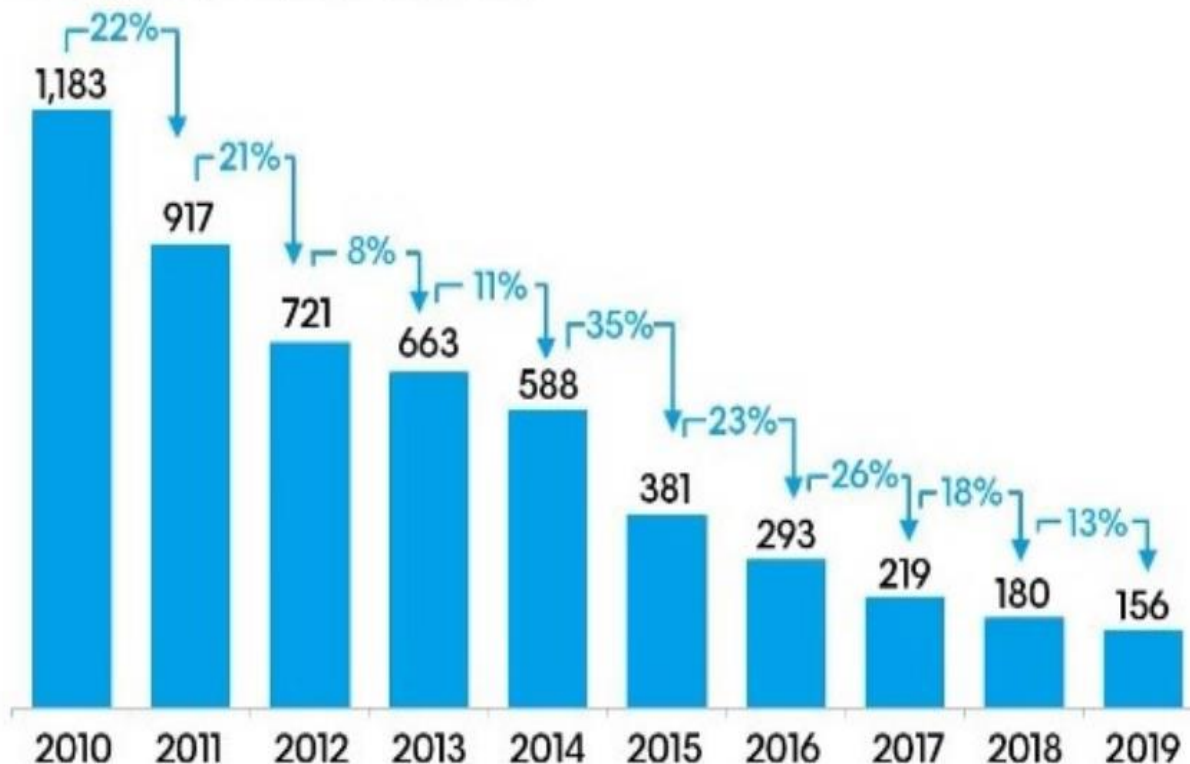
Аналогичные цифры можно предположить и в отношении грузовых перевозок ближайшего будущего. Как утверждает Илон Маск (основатель компании Tesla, производителя электрических транспортных средств), на презентации первого беспилотного грузовика Tesla в 2017 году, доставка электрическими грузовиками этой компании стоила всего 1,26 доллара за милю.

### **Аккумуляторы**

Успеху в развитии электротранспорта способствует ежегодный стабильный рост технических показателей развития электрических аккумуляторов. Емкость современных литий-ионных аккумуляторных батарей, а также падение их стоимости уже позволяет активно использовать электротранспорт вместо традиционного [1]. График падения цен на рынке аккумуляторов показан на рисунке 1.

## Lithium-ion battery price survey results: Volume-weighted average

Battery pack price (real 2019 \$/kWh)



*Рисунок 1. Стоимость литий-ионных батарей упала до \$156 за киловатт-час (Bloomberg NEF)*

Однако, во избежание чрезмерной эйфории, следует отметить, что для массового перехода на электротягу не все может быть так просто и очевидно как часто преподносится СМИ, если рассчитывать лишь только на литиевые источники энергии в рамках сегодняшних тенденций. Не стоит забывать, что у литиевых аккумуляторов есть два больших недостатка: пожароопасность и токсичность отходов при утилизации.

Технологически вопрос извлечения лития из отработанных батарей пока до конца не решен. Следовательно, утилизация батарей сопряжена с дополнительными затратами на утилизацию и все равно с неизбежным загрязнением окружающей среды. Пока еще электромобильная промышленность молода и электромобилей относительно мало, а батареи первых экземпляров еще не отработали полностью свой ресурс, этот вопрос стоит не очень остро. Но, когда первое поколение батарей отработает, проблемы утилизации начнут нарастать лавинообразно [2]. Утилизация станет одним из важнейших тормозящих факторов функционирования новой отрасли.

Вполне ожидаемы введения некоторых существенно ограничивающих мер на правительственном уровне: пошлины, запреты и т.д., если не будут найдены подходящие решения. Поэтому в долгосрочной перспективе не вполне ясна роль и судьба литий-ионных аккумуляторов. К счастью, последние достижения в области хранения электроэнергии обещают в скором времени вывести на рынок другие эффективные источники, как металл-ионные и другие. Среди металл-ионных технологий можно отметить, например, алюминий-ионные батареи, показывающие значительно лучшие параметры в плане экологичности по сравнению с литиевыми.

При этом демонстрируются и некоторые недостижимые для литий - ионных батарей технико-эксплуатационные характеристики. Например, в 7.5 раз большее число циклов заряд-разряда, что полезно не только с технико-экономической точки зрения, но и с экологической, так как примерно во столько же раз реже будет утилизироваться батарея и, следовательно, меньше будет интенсивность загрязнений окружающей среды. Кроме того, и по роду используемых материалов экологичность алюминий-ионных батарей выше - они принципиально более экологически чистые. Их можно чуть ли не просто механически перерабатывать обратно в глинозем.

Литиевые батареи еще и довольно пожароопасны, особенно при механических повреждениях. Алюминиевые же батареи не имеют такого недостатка (при небольшом механическом повреждении оболочки они могут продолжать еще некоторое время работать без перегрева и полного выхода из строя). Хотя алюминий-ионная батарея пока в три раза уступает литиевой по плотности хранения электроэнергии, тем не менее, исследователи уверены в том, что и по этому показателю они в перспективе могут сравниться с литиевыми [3].

В свете последних достижений [4,5] складывается впечатление, что в настоящее время хранение электроэнергии на борту уже перестает быть самой острой проблемой для электротранспорта. На передний план начинает выдвигаться проблема создания эффективной инфраструктуры для организации перевозок.

### **Малая электроавиация**

При развитии глобальной инфраструктуры транспорта в России необходимо уделять большое внимание ее территориальным особенностям - регионам со значительной плотностью населения, разделенными весьма пересеченным рельефом. Большие территории требуют больших вложений в строительство дорог и их обслуживание. Покрыть всю площадь такой страны как Россия сразу густой сетью качественных дорог и магистралей, поддерживать их в достойном состоянии трудоемко и дорого. Ежегодно правительство выделяет колоссальные денежные средства для этих целей, но эти финансы даже физически далеко не всегда удается освоить из-за нехватки профессиональных кадров, технических средств.

Охватить большие территории такие как в России с помощью малой авиационной техники на поршневых или реактивных двигателях не представляется возможным из-за дороговизны горючего, технических сложностей, и экологических проблем. Силовые установки электрических летательных аппаратов в разы проще и не требуют сложных механических приводов, поскольку электродвигатели компактны и они отлично управляются электронным способом. Поэтому стоит уделить более пристальное внимание развитию малой электроавиации и в ближайшем будущем, по-видимому, создать некоторый приоритет в этом направлении.

Надо отметить, что развитие малой авиации вообще ставится в приоритете экономических проектов за рубежом, и о ней все больше говорят в России [6,7]. Малая авиация России, как один из сегментов рынка гражданской авиации, могла бы обеспечивать транспортную мобильность населения многих отдаленных регионов страны. К сожалению, этот сегмент в России слабо развивается, в то время, как в ведущих странах мира доходы от производства и обслуживания малой авиации значительно выше, чем от гражданской и военной авиации [7].

Начало стремительного перехода же от "бензиновой" малой авиации к электрической фиксируется уже несколько лет и его сценарий прогнозируется мировыми экономическими аналитиками: "Летающие автомобили первоначально получат долю

рынка от автомобилей на дороге, самолетов и общественного транспорта. Тем не менее, это также может открыть целый новый мир бизнеса во многих секторах. В своем базовом варианте эти возможности указывают на общий адресный рынок в размере 1,5 триллиона долларов к 2040 году. Более 'бычий' прогноз ставит планку рынка на отметку \$ 2,9 трлн." [8]. На диаграмме (рис. 2) показан прогноз аналитиков инвестиционной компании Morgan Stanley [8], в котором говорится, что к 2040 г. объем рынка малых летательных аппаратов в мире вырастет до 1.6-\$2,9 триллионов.

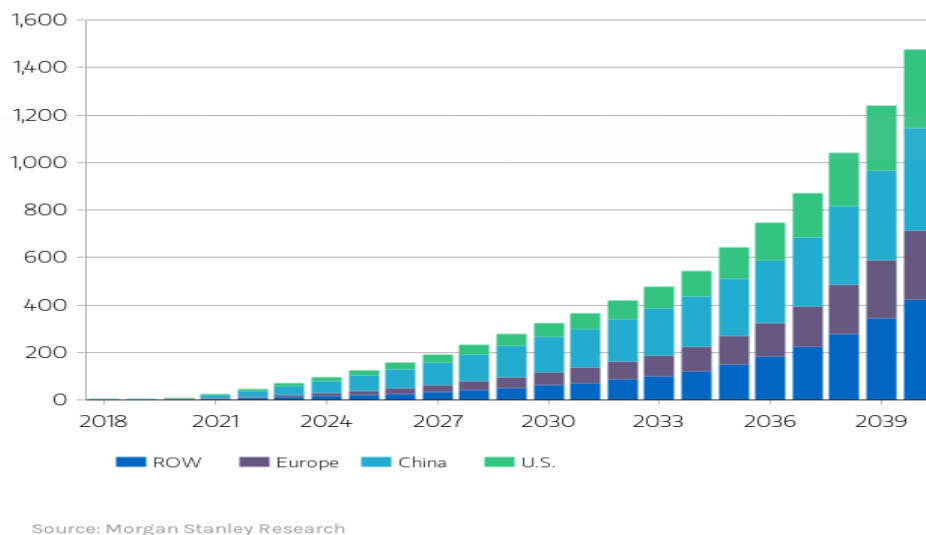
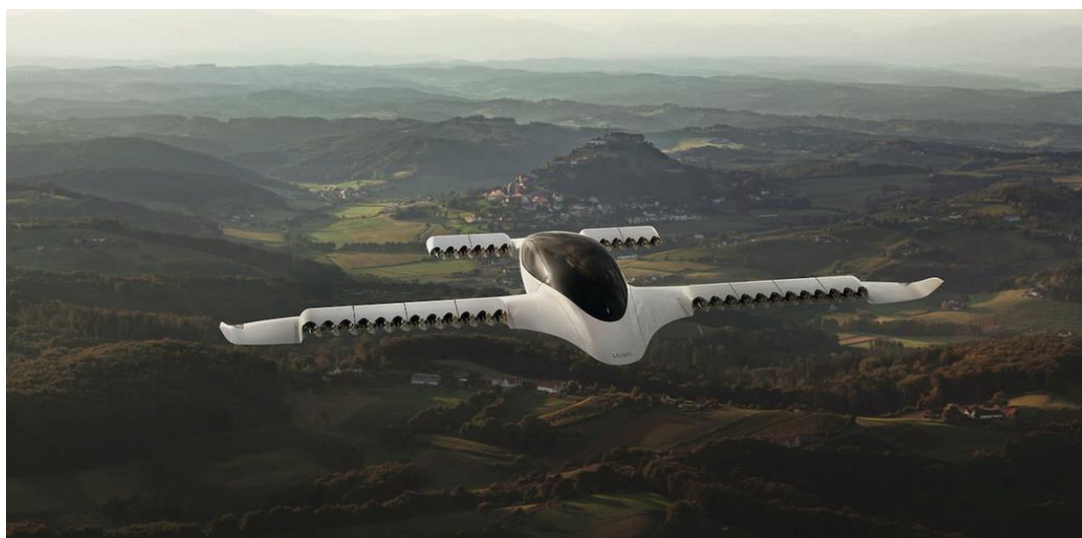


Рис. 2. Сценарий мирового развития легкого электрического авиатранспорта

В условиях РФ для перехода на электротранспорт, легче начать с усиленного развития именно малой электроавиации, так как наземный электротранспорт потребует больших вложений (дороги на столько длинные, что пока мы ремонтируем один конец в негодность уже начинает приходить другой), которые прямо сейчас покажутся необоснованными и не дадут заметной экономической эффективности в сжатые сроки, если вкладывать средства не большими частями и не превращать процесс в грандиозную общероссийскую стройку.

Например, хорошо было бы начать покрывать шаг за шагом труднодоступные территории России (наиболее актуальные) между существующими автомагистралями сетью непротяженных линий малой авиации, в узлах которой могут располагаться станции подзарядки аккумуляторов. На таких линиях эффективным средством передвижения, например, могли бы оказаться летательные аппараты стартапа из Германии "Lilium aviation" (рис. 3). и некоторые другие. В этом направлении сейчас ведутся активные исследования и разработки [9].



*Рис. 3. Электрический летательный аппарат "Lilium Jet"*

### **Зарядные станции**

Зарядные станции должны быть универсальными. Они могут стать в равной степени применимы как для нужд малой авиации, так и для наземного электротранспорта. Строить зарядные станции лучше сотами и не вдоль, а поперек существующих магистральных авто дорог, соединяя наиболее важные точки трасс в условиях крайне пересеченной местности прямыми авиа маршрутами на длину перелета без подзарядки от 70 - 300 км. (Рис. 4) [10].

Затем, постепенно, по мере развития, можно продолжать внедрять станции также и вдоль трасс, развивая тем самым наземный электротранспорт как пассажирский, так и грузовой. Если развивать сети зарядных станций таким "сотовым" способом, накладывая сотовую сетку на карту автомагистралей, по принципу сотовой телефонной связи, то можно постепенно, шаг за шагом осваивать все большие площади покрытия электротранспортом. Каждая новая сотовая зарядная станция позволит связать кратчайшим авиа путем ближайшие труднодоступные группы населенных пунктов, внутри которых уже возможны сообщения наземным электротранспортом. Такие сети будут быстро окупаться.



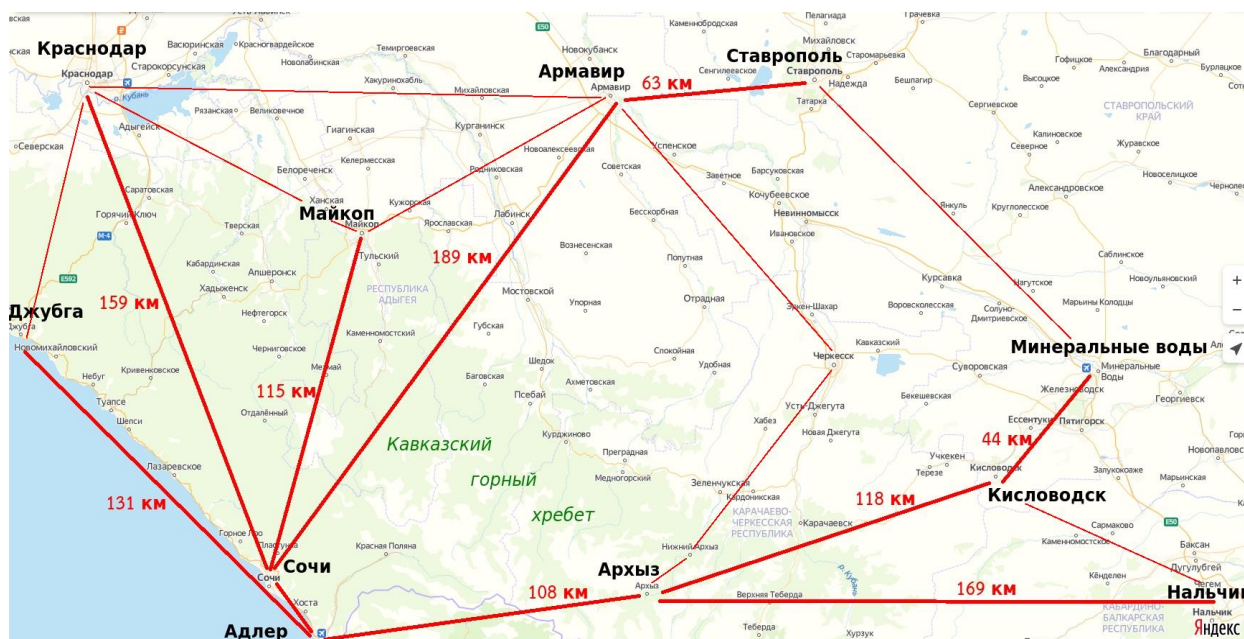


Рис. 4. Вариант расположения станций и сообщений между ними, нанесенный на фрагмент "Яндекс-карты"

### Централизованный оборот аккумуляторов

Залогом успеха всего мероприятия будет являться то, каким способом будут заряжаться батареи в электротранспорте. Например, Илон Маск и все его последователи пошли по пути непосредственной зарядки аккумуляторов от "розетки". Однако эта идея недостаточно хорошо вписывается в инфраструктуру, связанную с регулярными рейсами и маршрутами. В свое время из-за некоторых проблем конструктивного характера Илон Маск отказался от зарядки автомобиля путем прямой замены аккумуляторов на зарядной станции. Он, как и прочие его последователи, решил попросту предоставлять клиенту "розетку" для подзарядки, считая, что все заряжающие станции снабжаются электроэнергией от магистральных линий электропередачи. Для частного транспорта предоставлять розетку возможно хорошее решение.

Если развивать транспорт глобально с участием государственных вложений, можно было бы потребовать унификации батарей по конструктивным и электрическим параметрам для удобства их замены как на воздушном, так и наземном транспорте и стандартизовать схему подзарядки с тем, чтобы перейти на замену заряженных батарей, унифицированных по конструктивным и электрическим параметрам. Такой подход в условиях стран больших территорий порождает проблему: где хранить электричество для этой "розетки", если зарядная площадка находится вдали от каких-либо коммуникаций и отсутствует возможность поставки электроэнергии по проводам?

Автономная зарядная станция типа "розетка" неизбежно столкнется с проблемой хранения выработанной с помощью солнца или ветра электроэнергии. Дело в том, что подобные системы электроснабжения характеризуются непостоянством мощностей. Для зарядной станции вырабатывается достаточное количество энергии лишь тогда, когда светит солнце или дует ветер. Поэтому не всегда эта энергия будет своевременно обеспечена, а также своевременно востребована в полном объеме.

Например, прибыл клиент, когда нет ни солнца, ни ветра. Как быть? В чем и как хранить электроэнергию в периоды отсутствия спроса? Получается, что зарядная станция должна быть оснащена хранилищем электроэнергии, а это дополнительные

дорогостоящие аккумуляторы. Значит полный цикл электроснабжения конечного потребителя будет включать в себя во-первых выработку электроэнергии, во-вторых, хранение ее в собственных аккумуляторах зарядной станции и, затем уже, перенос электроэнергии через "розетку" непосредственно в транспортное средство конечному пользователю. Такое решение недостаточно рационально и затратно. Требуется хранилище, оборудованное дорогостоящими аккумуляторами для промежуточного хранения электроэнергии.

Решение обозначенной проблемы может быть в том, что мы попросту будем вынимать разряженный аккумулятор из транспортного средства клиента, и заменять его заранее заряженным. Это возможно при условии полной унификации посадочных мест для аккумуляторов и их электрических параметров. При таком подходе полученный от клиента разряженный аккумулятор заряжается и хранится в правильных условиях, в специальном хранилище, обеспечивающим оптимальные параметры хранения, где поддерживается постоянная температура и другие необходимые условия. Тогда не придется снабжать зарядные станции специальным комплектом аккумуляторов (клиент сам привозит разряженный аккумулятор и увозит уже заряженный), так как станция содержит исключительно только аккумуляторы клиентов и лишь пополняет этот парк небольшим количеством новых для замены постаревших и вышедших из строя.

Таким образом, вопрос хранения энергии может решиться сам собой за счет вовлечения непосредственно клиента в процесс оборачиваемости аккумуляторов с его финансовым участием. Данный подход можно распространить как на электротранспорт малой авиации, так и на наземный регулярный пассажирский и грузовой магистральный транспорт. Тем самым, открывается новая индустрия пассажирских и грузовых перевозок, опирающаяся на независимые экологически чистые источники электроэнергии, совмещающая инфраструктуру малой электроавиации и наземного электро транспорта.

В этих условиях мы можем во многих случаях принципиально отказаться от электрических проводов для транспортировки электроэнергии к конечному потребителю на электротранспорте. При этом зарядная станция возьмет на себя все хлопоты, связанные с организацией зарядки аккумуляторов, с контролем их работоспособности, хранением, утилизацией, с приобретением и обслуживанием батарей по схеме операционного лизинга.

### Список литературы

1. Стоимость литий-ионных батарей упала до \$156 за киловатт-час – BloombergNEF. В. Сидорович, Ren En, Накопители, транспорт. 08.12.19. <https://renen.ru/lithium-ion-batteries-cost-156-per-kilowatt-hour-bloombergnef/>.
2. К вопросу утилизации литий-ионных аккумуляторов. В. Сидорович, Ren En, Накопители, общество, транспорт. 16.08.17. <https://renen.ru/on-the-issue-of-recycling-lithium-ion-batteries/>.
3. Hongjie Dai. (Stanford University Professor ). "Aluminum battery from Stanford offers safe alternative to conventional batteries", Standford | News, April 6, 2015. Standford.
4. 'Wetting' a battery's appetite for renewable energy storage New liquid alloy electrode improves sodium-beta battery performance , News Release , August 01, 2014
5. A Million-Mile Battery From China Could Power Your Electric Car, Bloomberg News, 8 June 2020.
6. Авиация общего назначения (АОН), №2, 2017. С. Арасланов "Обитаемые мультикоптеры".
7. БОЛЬШАЯ МИССИЯ МАЛОЙ АВИАЦИИ [Электронный ресурс] / Л.Б. Соболев // Экономический анализ: теория и практика . – 2016 . – №3 . – С. 6-18 .



8. Adam Jonas. Morgan Stanley Research: Are Flying Cars Preparing for Takeoff? .Research:Jan 23, 2019 /(<https://www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft>).
9. <https://lilium.com/the-jet>.
10. "Яндекс-карты" (<http://map.yandex.ru>)

### References

1. The cost of lithium-ion batteries has dropped to \$ 156 per kilowatt hour - BloombergNEF. V. Sidorovich, Ren En, Drives, transport. 12/08/19. <https://renew.ru/lithium-ion-batteries-cost-156-per-kilowatt-hour-bloombergnef/> [in Russian].
2. On the disposal of lithium-ion batteries. V. Sidorovich, Ren En, Drives, society, transport. 08/16/17. <https://renew.ru/on-the-issue-of-recycling-lithium-ion-batteries/> [in Russian].
3. Hongjie Dai. (Stanford University Professor). "Aluminum battery from Stanford offers safe alternative to conventional batteries", Stanford | News, April 6, 2015. Stanford [in Russian].
4. 'Wetting 'a battery's appetite for renewable energy storage New liquid alloy electrode improves sodium-beta battery performance, News Release, August 01, 2014 [in Russian].
5. A Million-Mile Battery From China Could Power Your Electric Car, Bloomberg News, 8 June 2020 [in Russian].
6. General aviation (AON), No. 2, 2017. S. Araslanov "Inhabited multicopter" [in Russian].
7. THE BIG MISSION OF SMALL AVIATION [Electronic resource] / LB Sobolev // Economic analysis: theory and practice. – 2016. – No. 3. – S. 6-18 [in Russian].
8. Adam Jonas. Morgan Stanley Research: Are Flying Cars Preparing for Takeoff? .Research: Jan 23, 2019 / (<https://www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft>).
9. <https://lilium.com/the-jet> [in Russian].
10. "Yandex-cards" (<http://map.yandex.ru>) [in Russian].