

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДИРИЖАБЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Котов Е.Г.

Институт информационных технологий БГУИР,
г. Минск, Республика Беларусь

Скудняков Ю.А. – доцент каф. ИСиТ, к.т.н., доцент

В данной работе рассматривается теоретическая возможность оборудования дирижабля (сходного по своим параметрам с дирижаблем LZ 129) с электродвигателями, получающими питание от солнечных панелей.

Авиационные перевозки стали неотъемлемой частью современной цивилизации. Авиационный транспорт позволяет оперативно доставлять грузы и пассажиров в различные части мира. Перевозки самолётами отличаются высокой скоростью, но требуют развитой инфраструктуры – взлётно-посадочные полосы. В отличие от самолетов вертолеты осуществляют вертикальную взлёт/посадку практически с любой ровной поверхности. Также они имеют высокую маневренность и способны зависать на длительное время в одной точке. Но главными недостатками являются низкая предельная скорость (по сравнению с самолётами) и более высокий удельный расход топлива. В недавнее время получили распространение гибридные модели – конвертопланы. Однако весь этот авиатранспорт обладает главным недостатком – высоким расходом топлива, и, соответственно, высокими выбросами загрязняющих атмосферу веществ.

Учитывая закон Свансона [1], стоимость солнечных элементов продолжает снижаться, элементы становятся всё более доступными, а солнечная энергетика всё более перспективной. На текущий момент существует несколько перспективных разработок самолётов с электродвигателями, которые получают питание от солнечных панелей (например, SolarImpulse и Sunseeker Duo). Однако они обладают совсем невысокой грузоподъёмностью, так как существуют ограничения, связанные с мощностью и весом двигателей и, главное, массой аккумуляторов. Возможно ли поднять в воздух большую массу? Это возможно, если использовать другую силу, кроме тяги двигателей. На наш взгляд, перспективным является использование дирижаблей.

Безусловно, дирижабль не обладает такой высокой скоростью, как современные самолёты, и не обладает такой маневренностью, как вертолёты, но он поднимается в воздух за счет силы Архимеда, поэтому для нахождения в воздухе вообще не затрачивается топливо. Это означает, что дирижабль изначально был более экономичным и экологичным. Так же для загрузки/выгрузки пассажиров и грузов не обязательно использовать специально оборудованные площадки. Наиболее активно дирижабли использовались в первой половине XX века. Одним из крупнейших был немецкий дирижабль «Гинденбург».

Оригинальный дирижабль «Гинденбург» был оснащен 4-мя двигателями DB602 (LOF 6) массой около 2 тонн каждый, эксплуатационная мощность каждого 588 – 662 кВт, номинальная скорость 1400 мин⁻¹ [2-4]. В настоящее время один из мощнейших авиационных электродвигателей, доступных для использования – это двигатель Siemens SP260D. Масса двигателя 50 кг, мощность 260 кВт, номинальная скорость 2500 мин⁻¹ [5-7]. Т.о., вместо 4-х дизельных будем использовать 12 электродвигателей, суммарной мощностью $P_{\text{общ}} = 3120$ кВт. Для расчета примем, что батареи должны обеспечить 15 часов автономной работы всех двигателей на полную мощность в ночное время суток. Тогда необходимая энергия: $E_6 = 3120 \text{ кВт} \cdot 15 \text{ ч} = 46800 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Плотность современных литий-ионных батарей составляет около 250 Вт/кг. Однако, компания Qing Tao Energy Development начала выпуск твердотельных литий-ионных батарей с плотностью 400 Вт·ч /кг [8-11]. При их использовании, необходимая масса батарей составит: $m_6 = 46800 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / 0,4 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{кг}} = 117000 \text{ кг}$. Учитывая, что дирижабль «Гинденбург» поднимал около 88 тонн топлива для своих двигателей [2], а также имел полезную нагрузку до 100 тонн, то вес батарей 117 тонн является допустимым. В светлое время суток солнечные батареи должны обеспечить энергией работу двигателей и полный заряд аккумуляторов. Отметим еще одно преимущество дирижабля – полёт на высоте нескольких километров, что способствует снижению влияния облачности на интенсивность солнечного света. Исходя из средней продолжительности дня около $t_d = 10$ часов [12] получим:

$$E_{\text{с.б.}} = t_d \cdot P_{\text{общ}} + E_6 = 10 \text{ ч} \cdot 3120 \text{ кВт} + 46800 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 78000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Следовательно, за один час солнечные батареи должны вырабатывать $E_{\text{с.б.ч}} = E_{\text{с.б.}} / t_d = 7800 \text{ кВт}$.

Наиболее перспективным для создания летательного аппарата на солнечной энергии считается использование батарей на базе пленок арсенид-галлия. Одними из лучших на текущий момент являются элементы компании Alta Devices [13]. При небольших габаритах 50,5x90 мм ($s \approx 4,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$) и весе $\rho = 280 \text{ г/м}^2$ элемент вырабатывает мощность $P_3 = 1,1 \text{ Вт}$, имея эффективность преобразования солнечной энергии более 25% [13]. Тогда необходимое число элементов составит: $N = E_{\text{с.б.ч}} / P_3 = 7800 \cdot 10^3 \text{ Вт} / 1,1 \text{ Вт} \approx 7,1 \cdot 10^6$ штук. Сум. площадь элементов $S_{\text{с.б.}} = N \cdot s = 7,1 \cdot 10^6 \cdot 4,55 \cdot 10^{-3} = 32305 \text{ м}^2$. При своих габаритах

дирижабль «Гинденбург» имел площадь поверхности около 25000 м². Т.о., полученная площадь солнечных батарей значительно превышает площадь поверхности дирижабля (даже без учета того, что часть корпуса будет в тени). Можно сделать вывод, что необходимое число солнечных батарей невозможно разместить непосредственно на поверхности дирижабля. Необходимо либо значительно увеличивать площадь поверхности дирижабля (соответственно и его объем, что повлечет за собой увеличение массы и сопротивления воздуха, что в свою очередь требует увеличения мощности двигателей и массы аккумуляторов), либо найти другое техническое решение.

Один из вариантов – размещение солнечных элементов на плоскости над дирижаблем в виде большого крыла (рисунок 1). Если форма крыла будет близка к равнобедренному треугольнику (основание в хвосте дирижабля), то размах составит около 262 метров, что не является невозможным в реализации. По сути, при соответствующей модификации формы, плоскость с солнечными элементами будет представлять собой крыло огромного дельтаплана.

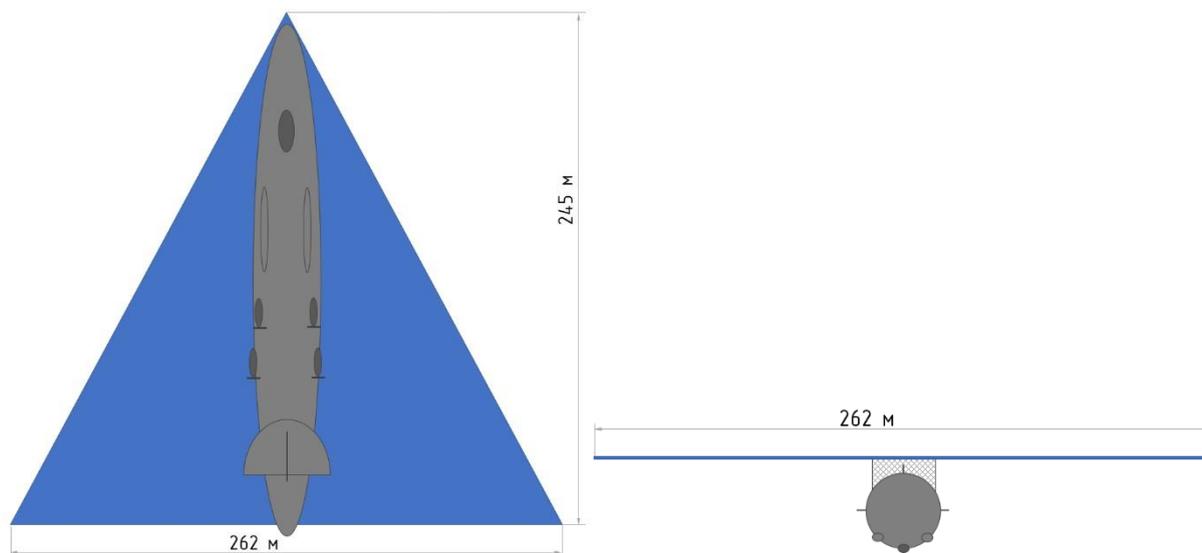


Рисунок 1 – Гипотетическая схема размещения солнечных батарей: вид снизу и вид спереди

Общая масса солнечных батарей составит: $m_{с.б.} = S_{с.б.} \cdot \rho = 32305 \text{ м}^2 \cdot 0,28 \text{ кг/ м}^2 = 9045,4 \text{ кг}$. Элементы должны крепиться к плоскости крыла, которая сама должна быть выполнена из какого-то материала, необходимы рёбра жесткости. Это значительно увеличит массу дирижабля, по нашим оценкам вес такого крыла может составить до 45 тонн, хотя всё будет зависеть от используемых материалов и конструкции. Такая масса по-прежнему является допустимой, хотя общая полезная нагрузка дирижабля снизится со 100 тонн до около 24 тонн. Хотя, с другой стороны, во время движения за счет формы будет дополнительно создаваться подъемная сила крыла.

Исходя из всех вышеприведенных рассуждений и расчетов, можно сделать вывод о том, что оснащение дирижабля электродвигателями, питаемых за счет энергии солнца вполне возможно и осуществимо, по крайней мере в теории, при условии использования современных материалов и передовых технологий. Хотя следует заметить, что итоговая конструкция уже представляет из себя не классический дирижабль, но некий гибрид дирижабля и дельтаплана (на крыле которого размещены солнечные батареи). Кроме того, требуются дополнительные исследования и расчеты соответственными специалистами по форме крыла, его конструкции и креплению к корпусу дирижабля, а также балансировке всего аппарата и его аэродинамическим свойствам.

Подобный летальный аппарат был бы способен к весьма длительным автономным экспедициям без необходимости дозаправки топливом и мог бы получить широкое применение в будущем в широких сферах деятельности человечества.

Список использованных источников:

1. Wikipedia. Закон Свансона. https://en.wikipedia.org/wiki/Swanson%27s_law.
2. Wikipedia. LZ 129. https://de.wikipedia.org/wiki/LZ_129.
3. Wikipedia. Гинденбург (дирижабль). [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гинденбург_\(дирижабль\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гинденбург_(дирижабль)).
4. Wikipedia. Daimler-Benz DB 602. https://en.wikipedia.org/wiki/Daimler-Benz_DB_602.
5. «World-record electric motor for aircraft». <https://phys.org/news/2015-04-world-record-electric-motor-aircraft.html>.
6. Tom Lombardo. «Siemens Electric Aircraft Propulsion Unit: Inside the Digital Twin Design Strategy», 16 October 2018. <https://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/17821/Siemens-Electric-Aircraft-Propulsion-Unit-Inside-the-Digital-Twin-Design-Strategy.aspx>.
7. Tom Lombardo. «Inside Siemens' Record-Breaking Electric Aircraft Motor», 01 August 2016. <https://www.engineering.com/BIM/ArticleID/12805/Inside-Siemens-Record-Breaking-Electric-Aircraft-Motor.aspx>.

8. Xiaoxi He. «A Solid Future: New Opportunities enabled by Solid State Batteries», 29 May 2019. <https://www.idtechex.com/en/research-article/a-solid-future-new-opportunities-enabled-by-solid-state-batteries/17333>.
9. Julian Busch. «China announces the mass production of solid-state batteries», 12 February 2019. <https://www.china-certification.com/en/china-announces-the-mass-production-of-solid-state-batteries/>.
10. Chengcheng. «Next-generation solid-state batteries in production in China», 20 November 2018. http://www.xinhuanet.com/english/2018-11/20/c_137619309.htm.
11. Xiaoxi He. «Solid-State and Polymer Batteries 2019-2029: Technology, Patents, Forecasts». <https://www.idtechex.com/en/research-report/solid-state-and-polymer-batteries-2019-2029-technology-patents-forecasts/641>.
12. Wikipedia. Долгота дня. https://ru.wikipedia.org/wiki/Долгота_дня.
13. Alta Devices. AnyLight™ Mobile Power Technology – company brochure. <https://www.alta-devices.com/applications-overview/>
Ссылка непосредственного доступа к брошюре: <https://www.alta-devices.com/wp-content/uploads/2018/04/Alta-Corporate-Brochure.pdf>.