

А.П. Трофименко

Государственное предприятие «КБ "Южное"» им. М.К. Янгеля, Днепропетровск

САМОЛЕТЫ НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ УКРАИНЫ



Самолеты на солнечных батареях — новое направление в авиастроении, привлекающее внимание как потенциальных потребителей, так и производителей. Одна из основных систем самолетов на солнечных батареях — система энергоснабжения — по своей архитектуре аналогична тем, которые применяются на спутниках. Их проектирование, изготовление и эксплуатация хорошо освоены космической отраслью Украины. Отличия в условиях эксплуатации самолетов на солнечных батареях и спутников позволяют существенно удешевить систему энергоснабжения и стоимость самолета в целом, что способствует расширению круга заказчиков на самолеты и обеспечивает космической отрасли Украины новый рынок сбыта.

Ключевые слова: самолет, солнечные батареи, солнечная энергия, космическая отрасль, Украина.

Рынок не терпит пустоты. Законы рыночных отношений таковы, что как только появляется новый товар, к нему начинают присматриваться не только покупатели. Проявляют интерес и многие производители на предмет выгодного приложения своих возможностей и освоения нового сегмента рынка.

Самолеты на солнечных батареях стали тем новым товаром, на который сегодня обращают свое внимание предприятия и фирмы аэрокосмической отрасли. Не секрет, что появление таких самолетов стало возможным не только благодаря успехам в аэродинамике и материаловедении. На день первого полета 4 ноября 1974 г. самолета на солнечных батареях Sunrise 1 [1] уже существовали легкие, аэродинамически совершенные летательные аппараты. Но именно прогресс в космической отрасли, когда КПД солнечных батарей для спутников стал превышать 7–10 %, способствовал созданию самолета на солнечных батареях. Крыльевой поверхности самолета оказалось доста-

точно, чтобы разместить на ней фотопреобразователи солнечной энергии требуемой мощности. Дальнейшие успехи в их разработке сразу же отразились на летных характеристиках самолетов. Самолет Pathfinder американской фирмы Aero Vironment 11 сентября 1995 г. установил рекорд в классе винтовых самолетов, использующих солнечную энергию, поднявшись на высоту 15 392 м, а в 1997 г. — на высоту 21 802 м. Его увеличенная в размерах модификация, оснащенная более эффективными солнечными элементами, имеющими КПД 19 %, и названная Pathfinder-Plus, поднималась на высоту 24 км.

Возможность достижения такой высоты наделяет самолеты на солнечных батареях новым качеством, которым до этого обладали только спутники: самолет может находиться в воздухе без посадки многие сутки. В течение светового дня самолет набирает высоту 22–25 км, после захода Солнца планирует с отключенными двигателями до утра, а на рассвете снова начинает набирать высоту. Продолжительность ночи диктует минимально необходимое время

планирования аппарата. Планирование до высоты 12–14 км длится не более 3–5 час, что делает возможным многосуточный полет только в приполярных областях в летний период. Несколько спасает положение использование аккумуляторов. В этом случае после планирования до высоты ночного полета самолет переходит в горизонтальный полет, используя в своих электродвигателях энергию, запасенную аккумуляторами в дневное время и почти полностью расходуя ее к рассвету. Так, наличие никель-кадмиевых аккумуляторов увеличивает время ночного полета на 0,8–1,2 ч.

Высота ночного полета определяется с учетом двух требований:

- ✦ аппарат должен за световой день подняться с этой высоты на необходимую для проведения исследований или других работ высоту;
- ✦ аппарат не должен мешать полетам самолетов гражданской авиации, т.е. не должен опускаться ниже 12 км.

Резкий скачок в увеличении времени ночного полета произошел около 10 лет назад с началом массового применения литий-полимерных и литий-ионных аккумуляторов, у которых удельная энергоемкость была в 4–5 раз выше по сравнению с использовавшимися до этого никель-кадмиевыми аккумуляторами. Максимально допустимая для осуществления беспосадочного полета продолжительность ночи возрастала до 8–10 ч, а в некоторых случаях — до 12–13 ч, что сделало возможной многосуточную беспосадочную эксплуатацию аппарата вне зависимости от сезона. Двухнедельный полет самолета Zephyr в июле 2010 г. подтвердил это практически [2]. На самолете использовались еще более совершенные литий-серные аккумуляторы.

С 1974 г. по настоящее время было создано около ста аппаратов на солнечных батареях [3]. О перспективности этого направления свидетельствует многолетняя финансовая поддержка разработчиков со стороны правительства США, NASA и Европейского космического агентства.

Фирму Aero Vironment, создавшую самолет Pathfinder, финансировало правительство США. Модификация Pathfinder-Plus успешно использовалась в качестве телекоммуникационной платформы для беспроводной широкополосной связи, ретрансляции телесигналов высокой четкости (HDTV) и для сотовой аудио- и видео-связи. Эксперименты проводились совместно с японскими специалистами.

В Европе аналогичными работами занимаются в Туринском политехническом университете (Италия) совместно с группой из британского Йоркского университета. Разработанная концепция Heliplat предусматривает эксплуатацию автономного самолета на солнечной энергии особо большого радиуса действия (Very Long Endurance Solar Powered Autonomous Aircraft, VESPAА).

Самолет Heliplat с размахом крыльев 70 м, летающий над большим городом и выполняющий функцию ретранслятора каналов связи, сможет покрывать территорию размером в 1000 км в поперечнике и, предположительно, обеспечивать поддержание почти полумиллиона каналов связи (этого должно хватить более чем для 8 млн. абонентов, без учета передачи данных) [1].

Предполагается использовать самолет на солнечных батареях для исследования Марса. По заказу Европейского космического агентства в Швейцарском федеральном технологическом институте (Цюрих) разработан и построен аппарат SKY-SAILOR [4]. Об интересе инвесторов и заказчиков аппаратов на солнечных батареях красноречиво говорит тот факт, что на создание швейцарского пилотируемого самолета Impulse Solar было затрачено около 80 млн. евро [5].

Чем же интересен рынок летательных аппаратов на солнечной энергии для космической отрасли? Каким товаром могут заполнить украинские предприятия эту новую нишу? Да тем же, который производили многие годы, который стоит на каждом спутнике. Важнейшим компонентом самолета на солнечных ба-

тарях, відповідаючим за успех проекту в цілому, являється система енергоснабження, аналогічна застосовуваною на супутниках. Фотоперетворювачі з високим КПД, акумулятори з високою удельною енергоємністю, обслуговуючі їх прилади — все це повинно також безотказно працювати в суворих умовах верхніх шарів атмосфери.

Особливістю літаків на сонячних батареях, в відмінності від традиційних літальних апаратів з двигачами внутрішнього згорання, являється те, що потужність, вироблювана системою енергоснабження, суттєво залежить від орієнтації літака відносно Сонця в період світлового дня і розташування фотоперетворювачів на його поверхні. Методиками проведення розрахунків, досвідом створення і експлуатації подібних систем володіють спеціалісти космічної галузі. Уже сьогодні вони можуть запропонувати свої послуги по розробці систем енергоснабження розроблених літаків на сонячних батареях.

Таким чином, принцип роботи, взаємодія елементів, конструкція систем енергоснабження для літаків на сонячних батареях і супутників однакові. А в чому ж їх відмінності?

УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

1. Висотний літак летить в діапазоні 15–25 км, де температура повітря знаходиться в межах -40°C – -70°C . В нічний час цими ж цифрами обмежена і температура його зовнішньої поверхні. Для супутника ця температура виявляється ще нижче. І на літаку, і на супутнику необхідно забезпечити температуру хімічних електроакумуляторів в діапазоні 10°C – 25°C . Тому акумулятори знаходяться в теплоізоляційній оболонці, а на їх підігрів витрачається вироблювана системою енергоснабження електрична енергія. Якщо в світлий час доби електроенергія вироблюється з допомогою сонячних батарей, причому в надлишковій кількості, достатній для набору висоти і заряду акумуля-

торів, то вночі електроенергія витрачається тільки з акумуляторів. Її не вистачає навіть для продовження польоту на денній висоті. Літак змушений знизитися в щільні шари атмосфери, де для його руху потрібна значно менша потужність. Нічний час являється найбільш напруженим режимом польоту з точки зору підігріву акумуляторів.

Для літака нічний час може становити 8–13 год, а для супутника час темного ділянки — до 70 хв. Тому, літак знаходиться в «холодних» умовах нестачі електроенергії на порядок довше часу, ніж супутник. Тому літакні акумулятори можуть витратити на свій нічний підігрів значно більше електроенергії, ніж акумулятори на супутнику.

2. Відомо, що ємність акумуляторів зменшується з збільшенням виконаних циклів *заряд–розряд*. Літакні акумулятори за добу польоту проходять один робочий цикл: днем заряджаються, вночі розряджаються. Супутник за добу в залежності від орбіти може виконувати до 16 витків навколо Землі, т.е. світ і тінь за цей час чергуються до 16 раз, акумулятори за добу також можуть виконати до 16 циклів *заряд–розряд*. Тому, за однаковий час польоту ємність акумуляторів при використанні на літаках зменшується менше, ніж при використанні на супутниках. В той же час акумулятор розраховують так, щоб він мав необхідну ємність на момент закінчення експлуатації апарату. Тому при однаковій тривалості експлуатації і необхідній кінцевій ємності початкова ємність акумулятора для літака буде менше, ніж початкова ємність акумулятора для супутника. Внаслідок цих особливостей літакні акумулятор буде трохи легше порівняно з акумулятором, призначеним для супутника.

Відомо, що обидва вищезгадані відмінності стосуються до апаратів, траєкторія польоту яких має денні (освітлені) і нічні (тіньові) ділянки. Але траєкторія польоту і ус-

ловия эксплуатации могут быть такими, что теневых участков не будет. Например, полет самолета в приполярных областях Земли в летний сезон или полет спутника по солнечносинхронной орбите, когда аппараты непрерывно освещены Солнцем. В этих случаях указанные отличия в условиях работы аккумуляторов на самолете и на спутнике будут минимальными.

3. Вырабатываемая солнечной батареей самолета мощность существенно зависит от спектрального состава света и степени его поглощения атмосферой, т.е. от высоты полета и положения Солнца над горизонтом. В нижних слоях атмосферы большое влияние оказывают облачный покров и запыленность. Это особенно важно учитывать при наборе высоты после взлета, когда вырабатываемая солнечными батареями мощность может быть в несколько раз меньше мощности, вырабатываемой на большой высоте.

Для спутниковых солнечных батарей проблема поглощения света атмосферой не актуальна. Таким образом, для получения одинаковой мощности солнечные батареи для самолета должны иметь большую площадь по сравнению со спутниковыми.

СТОИМОСТЬ

Одной из причин усиленного интереса к самолетам на солнечных батареях является существенно более низкая стоимость решения ряда задач, которые в настоящее время выполняют спутники или самолеты с двигателями внутреннего сгорания, включая и беспилотные. Стремительное развитие материаловедения и электроники привело к значительному уменьшению массы устанавливаемой на них исследовательской и иной аппаратуры. Для решения многих задач дистанционного зондирования Земли, научных исследований, обеспечения связи масса аппаратуры может варьироваться в пределах от нескольких килограммов до нескольких десятков килограммов. Самолеты такой грузоподъемности будут иметь полетный вес от нескольких десятков до 100–300 кг при размахе крыльев от 10 до 50–70 м.

Производство таких самолетов аналогично изготовлению планеров, а стоимость невысока.

Стоимость системы энергоснабжения при одинаковых технических характеристиках зависит от ресурса и надежности ее комплектующих. Самолет, в отличие от спутника, может неоднократно совершать посадку за срок своей службы для замены выработавших свой ресурс агрегатов. Разумное уменьшение потребного ресурса, времени наработки на отказ приводит к значительному снижению стоимости системы энергоснабжения. Самолетный аккумулятор может быть рассчитан на существенно меньший срок службы и число рабочих циклов по сравнению с аккумулятором, предназначенным для спутника. Стоит такой аккумулятор на два порядка дешевле.

Существенно более низкая стоимость самолетов на солнечных батареях (по сравнению со спутниками), их преимущества в продолжительности беспосадочного полета (по сравнению с самолетами с двигателями внутреннего сгорания) способны привлечь внимание широкого круга заказчиков к этому новому классу летательных аппаратов, а космическую отрасль Украины обеспечить новым рынком сбыта своей продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Интернет-издание* «Популярная механика» (<http://www.popmech.ru>) декабрь 2007 года статья Иддо Генута «Крылья солнца: чистый полет» интернет-страница <http://www.popmech.ru/article/2708-kryilya-solntsa/>.
2. *Интернет-страница* http://www.qinetiq.com/home/newsroom/news_releases_homepage/2010/3rd_quarter/zephyr_-_14_days.html.
3. *DISS. ETHNO*. 18010 Design of Solar Powered Airplanes for Continuous Flight A dissertation submitted to ETH ZÜRICH for the degree of Doctor of Technical Sciences presented by André NOTH Ingénieur en Microtechnique Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse ETH Zürich September 2008.
4. *Интернет-страница* <http://Sky-Sailor Solar Autonomous Airplane for Mars exploration.htm>.
5. *Интернет-издание* журнала «Финансы» за 07.07.2010 / Статья «На разработку самолета на солнечных батареях ушло 80 млн. евро» // Интернет-страница <http://www.finansmag.ru/news/78680>.

А.П. Трофименко

ЛІТАКИ НА СОНЯЧНИХ БАТАРЕЯХ —
НОВІ МОЖЛИВОСТІ КОСМІЧНОЇ
ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Літаки на сонячних батареях — новий напрямок в авіабудуванні, що привертає увагу як потенційних користувачів, так і виробників. Одна з основних систем літаків на сонячних батареях — система енергозабезпечення — за своєю архітектурою аналогічна до тих, що використовуються на супутниках. Їх проектування, виготовлення і експлуатація добре освоєні космічною галуззю України. Розбіжності в умовах експлуатації літаків на сонячних батареях і супутників дають можливість істотно здешевити систему енергопостачання і вартість літака у цілому, що сприяє розширенню кола замовників на літаки й забезпечує космічній галузі України новий ринок збуту.

Ключові слова: літак, сонячні батареї, сонячна енергія, космічна галузь.

A.P. Trofymenko

SOLAR-POWERED AIRPLANES — NEW
POSSIBILITIES OF SPACE INDUSTRY OF UKRAINE

Solar-powered airplanes is a new direction in the aircraft construction, which attracts attention both potential consumers and manufacturers. One of the basic systems of solar-powered airplanes is the system of power supply, which has architecture similar to that of applied in satellites. Its design, manufacturing and operation is well mastered by space industry of Ukraine. Differences in operating conditions of solar-powered airplanes and satellites make it possible to substantially reduce the cost of energy supply system and cost of airplane in general that promotes expanding customers' range in aircraft and provides Ukrainian space industry with a new sales market.

Key words: airplane, solar batteries, solar energy, space industry.

Стаття надійшла до редакції 27.07.11