

Разработка и апробация технологии улучшения ВПХ и повышения безопасности полетов самолетов малой авиации за счет использования на режимах взлета и набора высоты бустерных электрических тандемных силовых установок, размещенных на концах крыла

*С.Б. Гальперин (ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»),
М.В. Бугаев, А.И. Дунаевский, А.В. Усов, А.В. Корнушенко (ФАУ «ЦАГИ»)*

В настоящее время для перевозок пассажиров и грузов на местных воздушных линиях (МВЛ) России используются 19-местные самолеты L-410 разных модификаций чешского (Aircraft Industries) и российского (АО «УЗГА») производства. В связи с прекращением поставок комплектующих, включая двигатели GE H80 остро стоит задача создания современного экономичного самолета на замену L-410 с учетом современных требований к ЛТХ такого самолета.

Так, если во времена СССР, средняя дальность на местных линиях составляла 300-500 км, то в современной России в связи со значительным сокращением количества аэродромов, особенно местных, дальности перелетов увеличились до 800 км и более. Ситуация усугубляется тем, что на некоторых местных аэродромах может иногда не оказаться топлива для дозаправки, поэтому авиакомпаниям требуется удвоенная дальность. Кроме того, для перевозок в северных и восточных регионах страны вес пассажиров с багажом должен быть увеличен. С учетом этих факторов и в соответствии с требованиями авиакомпаний, для перспективного самолета МВЛ переходной категории сформулированы следующие требования:

- максимальная коммерческая нагрузка – 2100 кг;
- практическая дальность полета с максимальной коммерческой нагрузкой – 1500 км;
- практическая дальность полета с максимальным запасом топлива – 2500 км;
- крейсерская скорость – 400 км/ч;
- базирование на аэродромах класса E (длина ВПП 500-1000 м);
- топливная эффективность на уровне 24 – 28 г/(пасс × км).

Значительное продвижение в транспортных возможностях – увеличение дальности в 2-3 раза, по сравнению с самолетами времен СССР и современными зарубежными аналогами, потребует увеличенной взлетной массы и тяги двигателей для обеспечения базирования на аэродромах класса Е.

В настоящее время АО «УЗГА» для ряда своих проектов, прежде всего для 9-местного самолета ЛМС-901 «Байкал», разрабатывает турбовинтовой двигатель ВК-800 взлетной мощностью 850 л.с. Вполне логично, что для увеличения серийности двигателя, снижения себестоимости его производства и эксплуатации, данный двигатель целесообразно установить и на самолет на замену L-410.

Однако оценки показывают, что мощность ВК-800 с учетом увеличенной взлетной массы перспективного самолета в связи со значительно возросшими дальностью полета и коммерческой нагрузкой окажется недостаточной, прежде всего для взлета, поскольку в соответствии с НЛГ АП-23 для самолетов переходной категории лимитирующим требованием при определении длины ВПП является взлет с учетом отказа одного из двигателей.

Выходом может быть использование бустерных двигателей. Идея не нова. Так бустерный двигатель - ТРД РУ-19А-300 используется на самолетах Ан-24 и Ан-26. Расположен он в правой мотогондole маршевого ТВД, работает на взлете и наборе высоты. Однако для малых скоростей использование ТРД малоэффективно, а кроме того, он достаточно тяжел. Сегодня уже разработаны за рубежом и могут быть созданы в короткие сроки в нашей стране современные авиационные электрические двигатели, которые имеют повышенную надежность, малые габариты и массу. Небольшое время работы бустерных двигателей (около 4 мин на взлете) позволяет использовать для их энергопитания аккумуляторные батареи. А расположение двигателей, контроллеров управления и батарей в единой мотогондole обеспечивает легкость доступа и минимальную длину электропроводки. Электрические бустерные двигатели приводят во вращения воздушные винты, которые в крейсерском полете складываются вокруг мотогондол, практически не создавая дополнительного сопротивления. Мотогондолы бустерных силовых установок (СУ) могут быть расположены на концах крыла, что дополнительно позволит за счет положительной

интерференции воздушных винтов и присоединенных вихрей крыла при их противовращении снизить индуктивное сопротивление самолета и потребляемую мощность бустерных электродвигателей. Тандемное расположение бустерных двигателей позволяет обеспечить дополнительную безопасность при отказе одного из них за счет автоматического отключения противоположного.

Оценки показывают [1], что для перспективного 19-местного самолета МВЛ с двумя двигателями ВК-800 и четырьмя тандемными бустерными электродвигателями мощностью по 175 л.с. со складными по потоку винтами может быть обеспечено базирование на аэродромах с длиной ВПП 850-950 м (класс E) при взлетной массе 7,9-8,4 т, дальности полета с максимальной нагрузкой 2,1 т – 1500 км, с крейсерской скоростью 400 км/ч. Без использования бустерных двигателей длина ВПП при выполнении указанных требований составит уже 1200-1400 м.

Для апробации и демонстрации данной технологии в рамках выполнения НИР «MANGo-ЦАГИ» осуществлена разработка летающего демонстратора инновационных технологий самолета МА и ведется подготовка его испытаний.

Летающий демонстратор представляет собой дистанционно-пилотируемый малогабаритный двухмоторный высокоплан классической аэродинамической схемы с Т-образным оперением (Рис. 1). На крыле установлены закрылки Фаулера.

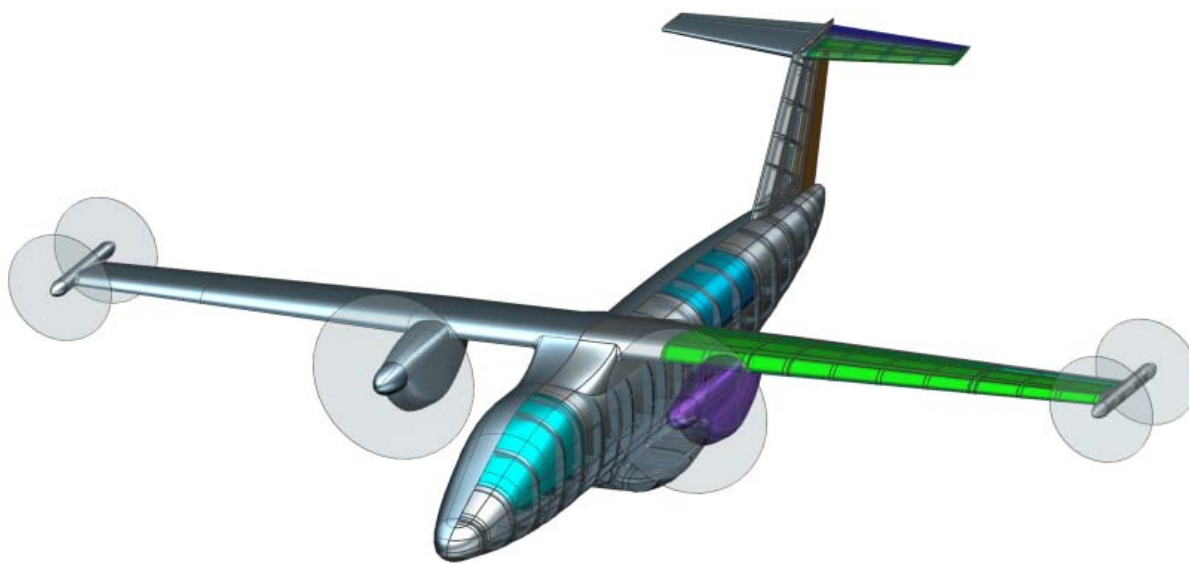


Рисунок 1 – Общий вид летающего демонстратора инновационных технологий самолета МА

Основные тактико-технические характеристики самолета- демонстратора:

габариты:

длина – 4.39 м,
размах крыла – 5 м,
высота – 2.26 м,
площадь крыла – 2.72 м²;

масса:

максимальная взлётная – 64 кг;

скорость:

крейсерская – 72 км/ч,
минимальная – 54 км/ч,
максимальная – 90 км/ч;

двигатели маршевые (в корне крыла):

Scorpion SII-6530-150KV – 2 шт,
мощность маршевой СУ в корне крыла – 2x4200 Вт;

двигатели бустерные/маршевые на концах крыла:

Scorpion SII-4025-330KV – 4 шт,
мощность бустерной СУ – 4x2000 (мощность регулируется в зависимости от решаемой задачи);

диапазон центровок:

$$\bar{X}_{\text{плц}} = 0,2; \bar{X}_{\text{пзц}} = 0,39$$

Конструктивно в самолете-демонстраторе предусмотрена возможность установки следующей целевой нагрузки:

- 1) блок записи полетной информации с размещением в области центра тяжести ЛА на платформе, жестко закрепленной на силовом наборе;
- 2) две микровидеокамеры со встроенным передатчиком размещены на вертикальном оперении для контроля курса и работы маршевых двигателей и в хвостовой нижней части фюзеляжа для возможности оценки положения передней стойки шасси.

Для обеспечения безопасности проведения летного эксперимента летающий демонстратор оснащен спасательной парашютной системой.

Самолет-демонстратор состоит из следующих модулей:

1 Планер самолета. Внешние контуры поверхностей планера самолета-демонстратора соответствуют 3D-модели доработанной геометрии аэродинамической модели ЛМС-13 в варианте с Т-образным оперением, бустерными и концевыми силовыми установками. Базовый самолет ЛМС-13 ранее разрабатывался в ЦАГИ в рамках работ по малой авиации (НИР «МА 2012») и его аэродинамическая модель успешно прошла трубные исследования в АДТ Т-102, показавшие высокое аэродинамическое совершенство.

2 Маршевые силовые установки, состоят из двух электрических двигателей, редукторов и регуляторов хода, обеспечивающих пуск и управление оборотами двигателей, установленных в мотогондолах на крыле (электродвигатель Scorpion SII-6530-150KV + понижающий редуктор (коэффициент редукции 2) + регулятор хода Scorpion Tribunus 14-300A SBEC) с воздушными винтами. В самолете-демонстраторе в мотогондолах предусмотрены протоки воздуха для охлаждения двигателя и контроллера. Регулятор хода расположен вблизи электродвигателя. Втулка воздушного винта обеспечивает возможность выставления и фиксации шага воздушного винта от 0 до +90°, измеренного на расстоянии 0,75 R от оси вращения. Втулка воздушного винта закрывается коком и имеет возможность съема с вала электродвигателя. Вместо снятого воздушного винта (кок + втулка с лопастями) на вал электродвигателя крепится кок-обтекатель.

3 Концевые и бустерные силовые установки выполнены одним модулем и размещены в мотогондолах на концах крыла по схеме «тандем». Каждая мотогондола состоит из двух электрических двигателей и регуляторов хода, обеспечивающих пуск и управление оборотами двигателей (электродвигатель Scorpion SII-4025-330KV + регулятор хода Scorpion Tribunus 14-300A SBEC) с воздушными винтами с таким расчетом, что одна силовая установка расположена перед передней кромкой, а другая силовая установка - за задней кромкой крыла. В мотогондоле предусмотрен проток воздуха для обеспечения охлаждения

электродвигателей и регуляторов хода. Регулятор хода расположен вблизи электродвигателя.

Направление вращения воздушных винтов концевой (бустерной) силовой установки – против направления вращения присоединенного вихря, сходящего с крыла.

Втулка воздушного винта обеспечивает возможность выставления и фиксации шага воздушного винта от 0 до +90°, измеренного на расстоянии 0,75 R от оси вращения. Втулка воздушного винта концевой (бустерной) силовой установки имеет узел обеспечивающий складывание лопастей воздушного винта по потоку в режиме когда электрический двигатель остановлен. Втулка воздушного винта закрывается коком и имеет возможность съема с вала электродвигателя. Вместо снятого воздушного винта (кок + втулка с лопастями) на вал электродвигателя крепится кок-обтекатель.

4 Система электроснабжения для питания маршевой, бустерной и концевой электрической силовой установки выполнена без резервирования и состоит из одной бортовой Li-pol АКБ на 52V и 20 Ач. В состав Li-pol АКБ на 52V и 20 Ач. входят Li-pol пластины (14x4=56 шт.), скоммутированные методом параллельно-последовательного соединения для получения заданных характеристик.

5 Система электроснабжения для питания бортового радиоэлектронного оборудования на 5V и 20A имеет полуторакратный запас по потребляемой мощности в пиковом значении и обеспечивается штатными возможностями контроллеров управления маршевыми двигателями, бустерными двигателями и концевыми двигателями.

6 Система управления самолета-демонстратора состоит из:

- 1) полетного контроллера Pixhawk 4 в комплекте с маяком GPS M8N и платой разводки электропитания PM07;
- 2) виброизолирующей плиты для установки полетного контроллера Pixhawk PX4;
- 3) модуля Holybro GPS (Pixhawk 4 GPS M8N);

4) аппаратуры управления FrSky Taranis X9D Plus SE (Carbon fiber) 2.4 ГГц 24 канала ACCESS +кейс EVA +R9M;

5) приемника FrSky R10 PRO Archer 10/24Ch ACCESS Receiver 2.4GHz;

6) телеметрии 433Mhz 500mW 3DR radio Dual TTL (радиомодуль (набор v3));

7) модуля объединения видеоизображения и телеметрии MAVLink Minim OSD V2.0 On Screen Display;

8) 9 сервоприводов HiTec HS-7980TH (руль высоты, руль направления, элерон правый, элерон левый, закрылок правый, закрылок левый, крышка парашютного люка, замок парашютный, передняя стойка шасси).

7 Блок записи полетной информации (обороты двигателей, углы отклонения органов управления, угловые скорости и перегрузки, траекторный угол, воздушная скорость);

8 Блок бортовой видеофиксации;

9 Спасательный парашют, обеспечивающий скороспускаемость не более 5 м/с.

Помимо отработки концевых тандемных бустерных СУ, на летающем демонстраторе предполагается и демонстрация крейсерского полета с увеличенной дальностью на ЛА с концевыми тандемными маршевыми СУ, в сравнении с традиционной 2-х двигательной компоновкой самолета.

При разработке летающего демонстратора была доработана модель самолета ЛМС-13 – установлены имитаторы маршевой и бустерной СУ с воздушными винтами (Рис. 2). Испытания в АДТ Т-102 подтвердили правильность предложенной концепции и позволили более обосновано перейти к проектированию и постройке летающего демонстратора.

Летающий демонстратор технологий, в соответствии с разработанной программой трубных и летных испытаний, должен осуществить:

- демонстрацию продолженного взлета с одним отказавшим маршевым двигателем путем применения технологии аэродинамической компоновки с

дополнительными бустерными тандемными силовыми установками на концах консолей крыла, работающими только на взлете;

- демонстрацию крейсерского полета с увеличенной дальностью на компоновке ЛА с концевыми тандемными маршевыми силовыми установками в сравнении с базовой 2-х двигательной компоновкой самолета

Результаты работы могут быть использованы при разработке нового 19-местного самолета местных воздушных линий на замену L-410.

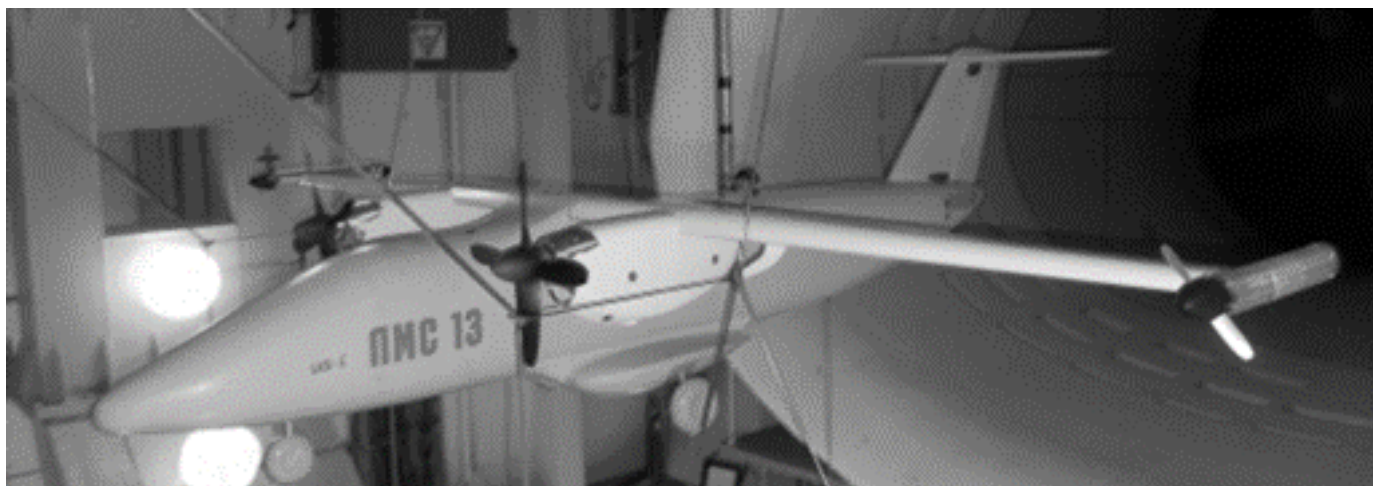


Рисунок 2 – Испытания в АДТ Т-102 прототипа летающего демонстратора инновационных технологий самолета МА

Литература.

[1] Е.Е. Бобырь, А.И. Дунаевский, Д.С. Курочкин, Ю.С. Михайлов, Ю.Н. Чернавских «Оценка влияния развития ключевых технологий, в том числе гибридных силовых установок на характеристики самолетов МВЛ» в книге «Технологическое развитие авиастроения: глобальные тенденции и национальные интересы России». Москва, НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского», 2021 г.