



«УТКИ» БЕРТА РУТАНА

ЛИК «РОТОРФЛАЙ»

ИСПЫТАНИЯ

ЗЕЛЕНЬ АЭРОДРОМ





INTERNATIONAL ROUND-THE-WORLD TRANS-OCEAN FLIGHT



SPUAEROVOLGA

p/b 17, Krasny Yar, Samara region, Russian Federation, 446370

e-mail: aerovolga@gmail.com <http://www.aerovolga.com>

Chairman of the Board of Directors Sergey Alafinov



20 THOUSAND LEAGUS ABOVE THE SEA

LA-8



АВИАЦИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Научно-технический журнал
Декабрь 2015 г.
Издается ООО «Научно-технический центр
авиации общего назначения»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

РЕДАКЦИЯ

Директор, главный редактор

Сергей Арасланов
тел/факс +38 (057) 719-05-19
моб. +38 (050) 325-55-22 (Украина)
моб. +7 (985) 208-12-01 (Россия)
e-mail: aviajournal.aon@gmail.com

Дизайн и верстка

Дмитрий Павличенко

Фотографии

Тамара Арасланова
Общественная редколлегия
Frank Hofmann (Canada)
Massimiliano Pinucci (Italy)
Родион Николян
e-mail: rodion@avron.ru

Виктор Хмелик
e-mail: khmelikvictor@gmail.com
khmelikvictor.livejournal.com

Сергей Рябцев
pkk-avia.livejournal.com, e-mail: fworx@mail.ru

Электронные версии журнала

<http://www.aviajournal.com>

Вниманию владельцев планшетов iPad и Android: с января 2016 г. редакция журнала прекращает размещение «АОН» в AppStore и Google Play. Журналы в свободном доступе только на www.aviajournal.com



Редакция не несет ответственности за достоверность информации в публикуемых материалах. Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.

Учредитель журнала –
ООО "Научно-технический центр авиации общего назначения"
Регистрационное свидетельство КВ2798
Министерства информации Украины
© АВИАЦИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ
Электронная версия распространяется бесплатно

СОДЕРЖАНИЕ

НОВАЯ ТЕХНИКА

Зеленый аэродром 4
Сергей Арасланов

ЛИЧНОСТЬ

«Утки» Рутана 17
Сергей Арасланов

ПРОБЛЕМЫ

Испытания..... 31
Сергей Арасланов

ВЕРТОЛЕТОСТРОЕНИЕ

ЛИК «Роторфлай» 35
Иван Глазырин

ИДЕИ

Сверхлегкий СВВП 38
Игорь Солодников

ПРОЕКТЫ

От дрона к персональному вертолету 44
Сергей Арасланов

НОВАЯ ТЕХНИКА

Вертолет VA115 готовят к производству..... 47
Виталий Бранд

ОСНОВЫ АВИАЦИИ

Общее устройство самолета 49
Сергей Арасланов



Фото на обложке компании Scaled Composites

ЗЕЛЕНЫЙ АЭРОДРОМ



Сообщение о начале серийного производства китайского электрического двухместного самолета Rui Xiang RX1E, серийный выпуск словенских Pipistrel ALPHA Electro и других самолетов ставят вопрос о том, что должно измениться на аэродроме АОН для эксплуатации подобной техники.

Еще раз о преимуществах электрического самолета

Вряд ли кто-нибудь будет спорить с утверждением о том, что уровень

развития авиации общего назначения во многом зависит от количества аэродромов и частных пилотов, которые становятся основными владельцами авиационной техники. Однако с

каждым годом во всех странах мира все сложнее получить лицензию PPL, равно как и устроить новый аэродром или содержать уже введенный в эксплуатацию. Причина общая – постоянно растущие цены буквально на все.

Рассмотрим простой пример. Для того чтобы стать частным пилотом, надо выполнить летную программу, продолжительность которой в зависимости от способностей обучающегося и наличия в учебном центре тренажера колеблется в пределах 40–45 часов. Если стоимость летного часа учебно-тренировочного самолета составляет 200 долл. США, то для получения лицензии PPL только на летную подготовку требуется до 9000 долларов США. И поскольку наиболее вероятные кандидаты в пилоты – молодые люди с небольшими доходами, цена обучения становится барьером и для них, и для развития АОН. В той или иной степени этот барьер проявляется и в странах с развитой АОН, таких,



Производство двухместного Rui Xiang RX1E [1]



Rui Xiang RX1E на AERO-2015 [3]



Pipistrel ALPHA Electro [2, 3]

как США и европейские страны, и в странах, где АОН все еще рождается, например, в Украине.

Решение задачи уже многие конструкторы современной авиатехники сегодня видят в переходе на более дешевые источники энергии, в частности, на электрическую.

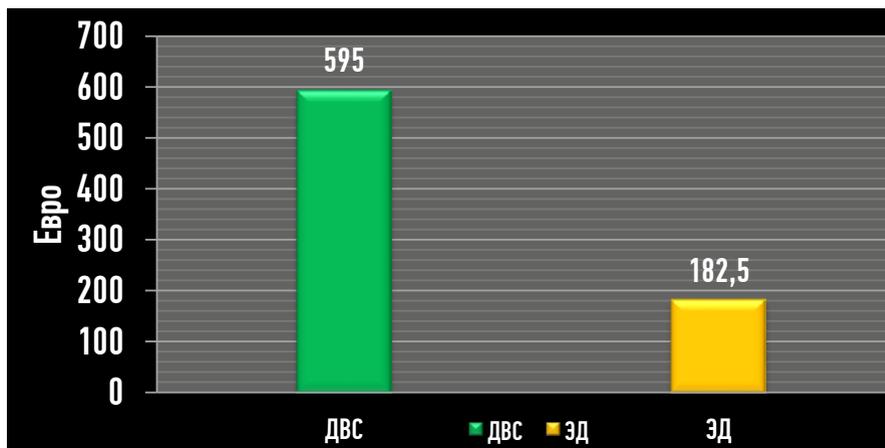
Чтобы не быть голословным, я решил подсчитать, сколько можно сэкономить хотя бы на топливе, если поменять в самолете двигатель внутреннего сгорания (ДВС) на электрический (ЭД). Не буду рекламировать конкретные самолеты или искать в них недостатки, приму за основу два гипотетических двухместных самолета с близкими по мощностям моторами: 100 л.с. (73,55 кВт) – ДВС и 80 кВт – ЭД. С приемлемой для таких расчетов погрешностью будем считать часовой расход ДВС равным 17 л/ч автомобильного бензина. Это значит, что для того чтобы обучить летать в Харькове будущего владельца PPL, надо сжечь 765 л А-95, что у нас сегодня эквивалентно 595 евро (цена 1 л А-95 на заправках «ОККО» равна сегодня 21 грн./л, курс евро – 27 грн./евро). Если считать расход энергии самолета с электрическим двигателем в среднем на уровне 75% взлетной мощности (60 кВт), на обучение одного курсанта надо затратить 2700 кВт·ч электроэнергии. Если стоимость зарядки аккумуляторов считать по максимальным тарифам для юридических лиц, это будет стоить 182,5 евро [4], а для частных лиц – от 46 до 148 евро в зависимости от того, сколько они тратят в месяц электроэнергии [5]. Как видим, разница с затратами на топливо самолета с ДВС от трех до 13 раз!

Скептики тут же найдут массу аргументов, сводящих к нулю это преимущество. Например, усомнятся в том, что в наших аэроклубах в ближайшее время появятся электрические самолеты.

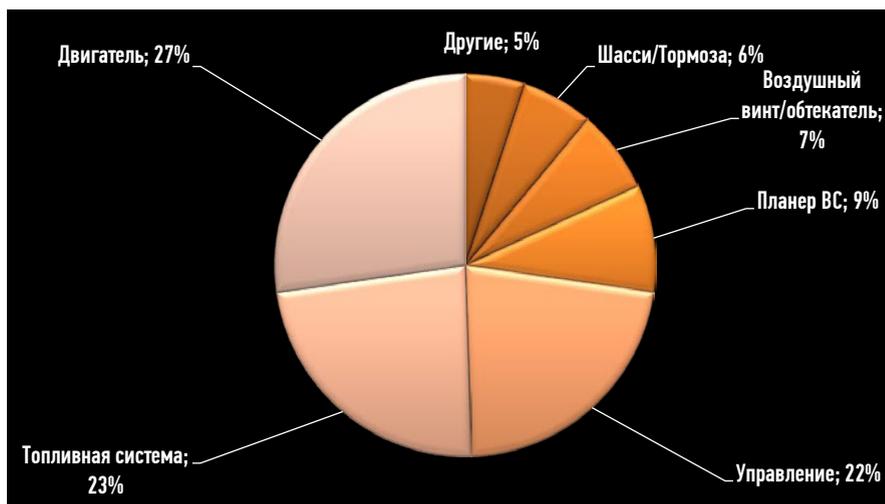
Несколько лет назад примерно то же самое я слышал и от противников электрических автомобилей. А сегодня электрические Nissan Leaf, Renault Fluence ZE, Tesla Model S (65, 85) можно купить в радиусе двух-трех километров от моего дома. Nissan Leaf я вижу каждый раз, когда захожу в соседний супермаркет. Пробег одного из первых Tesla Model S в Киеве уже превысил 100 тыс. км, и это

при том, что в стране пока работает только 37 зарядных станций. Но число их растет, причем не за счет дорогих Supercharger. Сегодня можно довольно быстро и, главное, бесплатно зарядить электрический автомобиль на

многих бензозаправках «ОККО». Недавно в стране отменили импортную пошлину на электрические автомобили, и число их постоянно растет. Причем, больше всего покупают Nissan Leaf, на котором стоимость 100 км



Расходы на топливо и электроэнергию по программе PPL



Причины авиационных происшествий homebuilt [7]



Замена аккумуляторов на Pipistrel ALPHA Electro

равна всего 8 грн. (0,3 евроцента), т.е. примерно в 16 раз дешевле по сравнению с бензиновым аналогом. Эти автомобили выгодны владельцам мелкого и среднего бизнеса, поскольку наиболее активны они внутри города. По расчетам специалистов выгодны и электрические автомобили среднего класса. Например, окупаемость Renault Fluence ZE достигается уже через 2,8–5 тысяч километров пробега [6]!

Конечно же, электрические автомобили еще не стали повседневностью, но уже перестали быть диковинкой. То же произойдет и с электрическими самолетами, и гораздо раньше, чем думают скептики.

Чтобы больше не возвращаться к электрическим самолетам, о которых в «АОН» статьи есть чуть ли не в каждом номере, обращаю внимание на безопасность их эксплуатации и эксплуатационную технологичность. Если в самолете с ДВС до 50% авиационных происшествий связано с отказами силовой установки и топливной системы [7], то в электрическом самолете просто нет причин для таких отказов. Кроме того, не надо менять свечи, масло, регулировать клапаны, менять кольца, делать капитальный ремонт каждые 1000–2000 часов, и вообще расходы на эксплуатацию ЭД по сравнению с ДВС неизмеримо меньше.

Но, конечно, без проблем не обойтись. Первой и одной из главных обычно называют недостаточную емкость бортовых аккумуляторов, ограничивающую дальность и продолжительность полета электрического самолета. Связанная с ней проблема – большая продолжительность зарядки аккумуляторов электрического самолета.

Давайте посмотрим, насколько сложны эти проблемы и как их решение может повлиять на облик современного аэродрома АОН.

Продолжительность зарядки

Если посмотреть на современные электрические самолеты, нельзя не заметить, что их конструкция позволяет быстро менять аккумуляторные батареи (АКБ). Чаще всего их располагают в мотоотсеке, как на ALPHA Electro, т.к. электродвигатель занимает

в несколько раз меньше места по сравнению с ДВС, равным по мощности. Иногда место для АКБ находят за пилотской кабиной, как в Rui Xiang RX1E. В любом случае доступ к аккумуляторам стараются сделать простым и удобным, а сами батареи достаточно легкими, чтобы их можно было менять вручную без специальных приспособлений.

Причина такого решения проста. В отличие от самолета с бензиновым двигателем, где время заправки топлива в десятки раз меньше продолжительности полета, зарядка аккумулятора требует столько же времени, сколько тратится на полет, а иногда и больше. Например, в самолете Rui Xiang RX1E установлен двигатель мощностью всего 30 кВт и литиевый аккумулятор емкостью 10 кВт·ч. По данным разработчиков, на его зарядку требуется 90 минут, а продолжительность полета составляет всего 45–60 минут [1]. При таком соотношении использовать самолет как учебно-тренировочный можно, но сложно. Вот и решили проблему заменой аккумуляторных батарей (АКБ): пока самолеты летают, на земле стоят на зарядке сменные АКБ. Вынужденное решение, т.к. стоимость АКБ сегодня довольно высока, а использование вместе с самолетом двух–трех сменных комплектов АКБ удорожает и покупку самолета, и его эксплуатацию.

Проблема хорошо знакома автомобилистам. Несколько лет назад в Израиле была запущена программа Better Place быстрой замены аккумуляторов на автозаправках и стоянках. Под этот проект компания Renault даже разработала электромобиль Fluence ZE со съемной батареей в задней части кузова. Но оказалось, что только 3% владельцев электромобилей пользовались такой возможностью, и программу очень быстро пришлось закрыть! В чем причина?

Время заряда зависит от двух параметров: от емкости аккумуляторной батареи и мощности зарядного устройства. В свою очередь, мощность зарядного устройства определяется как произведение напряжения U (В) на силу тока I (А). Время заряда АКБ определяется делением емкости АКБ на мощность зарядного устройства (ЗУ).

Воспользуемся данными автомобилей [6]. Сегодня существуют три основных способа зарядки.

Первый – заряд от бытовой сети 220 В с силой тока 10–16 А (2–3 кВт). При токе 10 А мощность такого устройства будет равна 2,2 кВт, при токе 16 А – 3,5 кВт. На зарядку от бытовой розетки АКБ самолета Rui Xiang RX1E потребуются от 112 минут (1,86 часа) до 273 минут (4,55 часа). Понятно, что таким способом заряжать аккумуляторы своего самолета китайские самолетостроители не предлагают.

Второй вариант – использование ускоренных зарядок типа CHAdeMO (Япония) или Supercharger (Tesla), уже освоенных в автомобиллизме. Мощность их составляет от 30 до 135 кВт. Следовательно, на зарядку АКБ самолета Rui Xiang RX1E потребуются от 4 до 20 минут. То есть практически близко к продолжительности заправки самолета бензином, если используется ДВС. Стоит такое зарядное устройство от 15 до 20 тыс. долл. США – для обслуживания одного или двух–трех самолетов дороговато.

Третий вариант, который внедрили украинские автомобилисты – заряд от 3-фазной 380-вольтовой розетки с большой силой тока. Такие зарядные станции типа KEBA P20 используют в сети уже упомянутых заправок «ОККО» и «Tesla-клуб». Время полной зарядки АКБ Tesla, рассчитанной на 85 кВт·ч, составляет 3,5 часа, Renault Zoe можно зарядить за 1 час. По неофициальной информации стоимость такого зарядного устройства составляет около 1–1,5 тыс. долл. США.

Наконец, в современных и перспективных автомобилях начали использовать встроенные ЗУ, мощности которых колеблются от 3,7 кВт у Renault Fluence ZE и Nissan Leaf первых моделей до 22 кВт у Tesla Model S и даже 43 кВт у перспективного Renault Zoe. С таким ЗУ АКБ емкостью 10 кВт·ч можно зарядить за 20 минут, емкостью 25 кВт·ч – за 34 минуты. Правда, надо адаптировать применяемые АКБ к мощным зарядным устройствам, так как большие токи во время зарядки могут повредить аккумулятор, если его конструкция не приспособлена для их восприятия. Но в области разработки современных

аккумуляторов интенсивно и небезуспешно работают ученые многих стран, о чем речь пойдет ниже.

Как видим, опыт автомобилистов показывает, что с развитием аккумуляторов и зарядных устройств снимать АКБ с самолетов между полетами не потребуется. Но электрические самолеты, безусловно, изменят облик современного аэродрома.

Что изменится?

Прежде всего, изменится энергопотребление. Насколько, сказать пока не могу. Позвонил нескольким начальникам аэроклубов и задал один простой вопрос: «Сколько кВт электроэнергии тратит аэродром в месяц?» Никто не

эта добавка, безусловно, увеличит плату за электроэнергию. Если учесть, что наиболее активный период летной работы придется на шесть месяцев, то в весенне-летне-осенний период ежемесячный расход электроэнергии в аэроклубе увеличится в среднем на 9000 кВт-ч, т.е. более чем на 608 евро.

Учитывая, что электрическими самолетами пока заменяют преимущественно LSA, а ежегодный налет этих аппаратов в частном владении составляет от 43 до 85 часов в год, можно прикинуть, что каждый частный электросамолет в аэроклубе будет добавлять еще около 3600–3800 кВт-ч в год. Много это или мало, оценит каждый хозяин аэродрома.

Мы же из сказанного сделаем

Конечно, если на аэродроме появится один электросамолет, все проблемы зарядки и хранения аккумуляторов можно оставить владельцу, но мы говорим о перспективе. И она может не всем понравиться, потому что практически все владельцы аэродромов, хоть и не очень заняты пока контролем расходования электроэнергии, признались, что задумываются над ее экономией. В одном аэроклубе установили датчики движения, чтобы фонари освещения не работали постоянно, в другом заменили энергосберегающими лампами лампы накаливания, в третьем решили установить светодиодное свето-сигнальное оборудование. В большинстве аэроклубов эти действия



Солнечные панели на крыше предприятия в Чехии



Солнечные панели автозаправочной станции

смог ответить. В одном аэроклубе пообещали прислать информацию об энергопотреблении, но до выхода статьи не успели сделать это.

Попробуем оценить приблизительно, хотя сделать это сложно не только потому, что в аэроклубах не контролируют расход электроэнергии, но и в связи с тем, что не очень ясно представляют среднегодовой налет частных пилотов. Будем исходить из того, что первоначально электрические самолеты поступят в учебные центры. Предположим, что в течение года в аэроклубе готовят 20 частных пилотов, и каждый из них должен налетать 45 часов. На 75% мощности ЭД (60 кВт, как в предыдущем примере) затраты электроэнергии на полеты 45 курсантов будут равны 54000 кВт-ч, что для украинских предприятий I класса будет стоить 3650 евро. Раза в три меньше, чем пришлось бы платить за бензин, но

выводы о том, что на аэродроме как минимум нужно оборудовать мощное зарядное устройство для аккумуляторов, т.е. подвести трехфазную сеть, если ее нет, и приобрести ЗУ типа KEBA P20, Supercharger или иное, это уж кому как позволят средства.

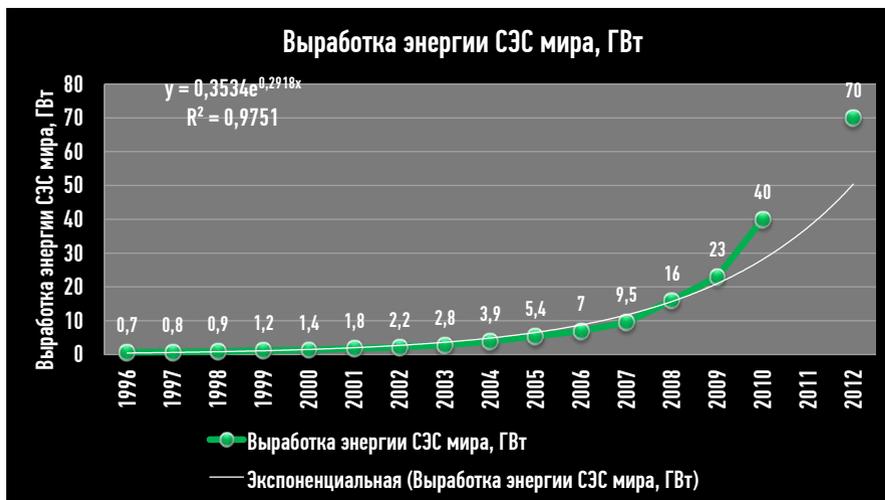
Кроме того, потребуется оборудовать помещение, где будет смонтировано это ЗУ, будут заряжаться и храниться аккумуляторы. Даже если самолеты стоят не на открытой стоянке, а в ангарах, пока в них не будут оборудованы индивидуальные ЗУ для каждого самолета, аккумуляторы придется переносить к аэродромному ЗУ, а в холодное или очень жаркое время года хранить все АКБ в этом помещении. Кроме того, в регионах, где тарифы на оплату электроэнергии меняются в течение суток, может оказаться выгодней заряжать аккумуляторы в ночное время, когда электроэнергия дешевле и нет полетов.

несистемны, поскольку потребление электроэнергии в них сегодня – не самая большая статья расходов. Но с появлением электросамолетов ситуация будет меняться.

Неожиданные возможности

Рассуждая о преимуществах электрического самолета по сравнению с бензиновым, я намеренно не назвал одно, пожалуй, самое главное – **в современных условиях эксплуатанты авиационной техники не могут самостоятельно производить бензин или любое другое авиационное топливо, но они реально в состоянии сегодня самостоятельно вырабатывать электроэнергию.**

Не буду приводить примеры государств – лидеров в производстве альтернативных источников энергии, хотя вынужден упоминать о тех или иных решениях и оборудовании, которые



Выработка электроэнергии солнечными электростанциями в мире

появились в этих странах. Но чтобы быть конкретным, расскажу о возможностях производства собственной электроэнергии в Украине и перспективах аэродромов АОН подключиться к этим процессам.

Во-первых, в течение нескольких лет в стране существует и совершенствуется нормативно-правовая база в виде законов «Об альтернативных видах топлива», «Об электроэнергетике» и «Об основах функционирования рынка электрической энергии Украины» и сопутствующих им нормативных актов. Эти законы позволяют юридическим и физическим лицам становиться участниками энергетического рынка, поскольку государство сознательно лишает себя монополии на нем. В отдельные сезоны года в стране до 15% электроэнергии вырабатывают солнечные электростанции (СЭС) и другие альтернативные источники энергии (например, ветряные электростанции – ВЭС). Для стимуляции рынка альтернативных источников энергии в стране законодательно установлен так называемый **«зеленый тариф»**, по которому государство покупает электроэнергию у негосударственных электростанций. Он непостоянен, время от времени меняется законодателем, но принцип его формирования остается неизменным – «зеленый тариф» в несколько раз выше тарифов за электроэнергию, по которым предприятия и физические лица платят за пользование государственной электроэнергией. В июне уходящего года был одобрен законопроект № 2010-д «О внесении изменений в некоторые законы Укра-

ины относительно конкурентных условий производства электроэнергии из альтернативных источников энергии», которым предусмотрено уменьшение «зеленого тарифа» [9]. То есть условия работы альтернативных электростанций несколько ужесточили. Оцените сами действующие ставки «зеленого тарифа» для солнечных электростанций промышленного назначения:

- построенных в 2015 г. – 0,17 евро за кВт·ч;
- построенных в 2016 г. – 0,16 евро за кВт·ч;
- построенных в 2017–2019 годах – 0,15 евро за кВт·ч.

«Зеленый тариф» для частных солнечных электростанций сегодня составляет:

- построенных в 2015 г. – 0,18 евро за кВт·ч;
- построенных в 2016 г. – 0,172 евро за кВт·ч;
- построенных в 2017–2019 годах – 0,163 евро за кВт·ч.

Для сравнения, в декабре 2015 г. введены следующие тарифы для оплаты электроэнергии: для юридических лиц – 0,06–0,07 евро за кВт·ч в зависимости от класса потребителя; для физических лиц – 0,02–0,05 евро за кВт·ч в зависимости от объема потребления. Разница в два с небольшим – девять раз!

Таким образом, вырабатывать электроэнергию и продавать ее излишки государству все-таки выгодней, чем просто платить за потребление.

Во-вторых, условия для существования альтернативного энергорынка созданы в стране уже 10 лет назад, поэтому сегодня можно не просто купить все необходимое для обустрой-

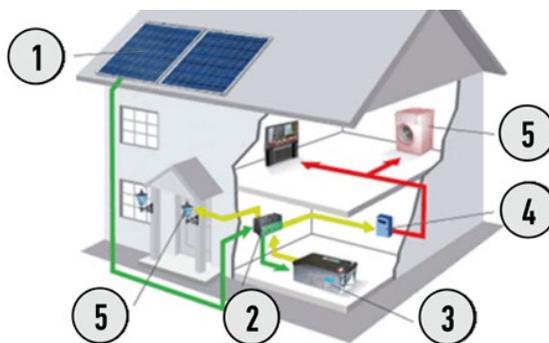
ства собственной электростанции, но и заказать работу под ключ одной из многих компаний, которые специализируются на этом рынке.

В-третьих, кроме солнечной электростанции можно приобрести и ввести в эксплуатацию еще много полезных агрегатов и систем, которые коренным образом изменят облик современного аэродрома АОН, а со временем сведут практически к нулю по сравнению с нынешним уровнем расходы на электро- и теплоэнергию, даже если в эксплуатацию поступят электрические самолеты. О СЭС, ВЭС, тепловых насосах, аккумуляторах и системах современной альтернативной энергетики и пойдет речь в этой и следующих статьях.

Что такое современная солнечная электростанция?

О том, что солнечная электроэнергетика уже не является экзотикой, можно судить хотя бы по графику роста выработки в мире солнечной электроэнергии с 1996 г. – за 16 лет в 100 раз [10]! В 2015 г. объем солнечной электроэнергии должен превысить 120 ГВт. Это пока вдвое меньше, чем мощность ветроэлектростанций в 2011 г. (240 ГВт), но все равно много. Для сравнения, в 2011 г. ветроэлектростанции вырабатывали около 3% мировой электроэнергии, атомные – 14%. Получается, что солнечные станции вырабатывали в то время около 1,5% мировой электроэнергии, но процесс распространения этих станций происходит по экспоненте, и в ближайшем будущем доля СЭС в выработке электроэнергии в мире существенно вырастет [10].

Принципиально схема СЭС состоит из нескольких элементов: солнечные панели, контроллер, аккумуляторы, инвертор, потребители [11, 12]. Назначение электростанции – производство электроэнергии для предприятий или в частных целях – не меняет схему ее работы. Если станция должна вырабатывать больше электроэнергии, используется больше солнечных панелей и соответствующие этой мощности инвертор и аккумуляторы. Надо отметить, что наращивание мощности СЭС путем установки новых солнечных батарей не требует больших



■ DC 12 вольт
■ AC 220 вольт

- 1 - Солнечные панели
- 2 - Контроллер
- 3 - Аккумулятор
- 4 - Инвертор
- 5 - Потребители

Общая схема солнечной электростанции [11, 12]

капитальных затрат, поэтому можно постепенно наращивать их мощность по мере роста энергопотребления.

Если СЭС включена в государственную электросеть, можно обойтись и без аккумуляторов. В этом случае излишки электроэнергии по команде контроллера передаются непосредственно в электросеть и в дальнейшем оплачиваются по «зеленому тарифу». Однако такая схема может быть приемлема только там, где сбор подачи электроэнергии невозможен. В большинстве солнечных электростанций аккумуляторы участвуют в работе. Если речь идет об устройстве совершенно нового аэродрома, тем более удаленного от линий электропередач, надо оценить, что выгодней: платить деньги за подключение к государственной электросети, или тратить их на устройство полностью автономного энергоснабжения. На мой взгляд, выгодней использовать солнечную электростанцию, включенную в государственную электросеть, чтобы пользоваться льготами, предоставляемыми украинским законодательством.

Использование энергии солнечных электростанций имеет ряд преимуществ:

1. Не требуется топливо, затраты необходимы только на установку СЭС, в дальнейшем потребитель получает уже бесплатную энергию. Никаких специальных профилактических работ для солнечных панелей не требуется. Их нужно периодически протирать от пыли. Расположение панелей на возвышении и под углом 70° не позволяет снегу накапливаться на них зимой.

2. СЭС работают постоянно, система регулируется автоматически, ее не нужно постоянно включать и выключать как дизель. В системах автономного электроснабжения на солнечных

панелях электричество запасается в специальных аккумуляторах, поэтому энергия доступна для использования и днем и ночью.

3. Бесшумность. Поскольку электричество является результатом прямого преобразования энергии света, СЭС не создает, в отличие от дизеля или ветряка, абсолютно никаких шумов.

4. Длительный срок безаварийной службы. Качественные солнечные панели рассчитаны на работу в течение не менее 25 лет. За это время происходит постепенное небольшое снижение мощности. Следующие 20 лет система вырабатывает примерно 80% энергии изначальной мощности. Таким образом, общий срок службы составляет 45 лет и выше. Для сравнения: ВЭС обычно рассчитана на 15–20 лет, а дизель – на 5–10 лет. Поскольку в солнечных панелях нет движущихся частей, практически исключены их износ и поломка.

5. Надежность. СЭС гарантированно вырабатывает электроэнергию каждый день от восхода до заката. Производительность снижается в пасмурную погоду, но солнечные панели дают электроэнергию и в этом случае. Поэтому солнечные панели надежнее ветряных турбин, поскольку ветер значительно менее постоянен, чем дневной свет. Дизель может не завестись, сломаться, его работа зависит от наличия и качества топлива. Солнечные панели надежнее.

6. Общедоступность. Солнечный свет есть практически везде, и это критическое преимущество солнечных панелей перед ветряными и дизельными системами. Особенности рельефа, застройки, метеорологических особенностей, размера участка, могут не позволить разместить ветряк, а вот для СЭС ограничений гораздо меньше. Для солнечных панелей требуется лишь незатененная поверхность, желательно обращенная на южную сторону. При этом по сравнению с ветрогенератором не требуется установка мачты, солнечные панели можно разместить на крыше.

7. Возможность произвольного изменения мощности системы. У топливных и ветряных систем мощность фиксирована, у СЭС – произвольная. Можно установить небольшую панель и использовать ее для малопотребляющих приборов. Это обойдется дешевле. А если выяснится, что установленной мощности не хватает, ее всегда можно нарастить, доставив больше панелей нужного размера.

Есть, конечно, и недостатки.

1. В зимнее время производительность солнечных батарей снижается в полтора–два раза. Потенциал выработки энергии минимален в ноябре и декабре. Чем дальше на север, тем этот эффект заметнее.

2. Низкая эффективность для использования в отопительных системах. Солнечные панели неже-



Схема солнечной электростанции без аккумуляторов [12]

лательно использовать в основанных на электронагревательных элементах отопительных системах. Для отопления и нагрева воды значительно больший эффект дают солнечные коллекторы и тепловые насосы, о которых речь пойдет ниже.

3. Сравнительно высокая стоимость солнечных панелей делает их рентабельными лишь в случае, когда расход электроэнергии оптимизирован. Это означает необходимость использования наиболее современной энергосберегающей техники, светодиодного освещения, датчиков движения и пр.

4. Необходимость достаточной интенсивности света. Хотя солнечные батареи можно устанавливать практически везде, понятно, что эффективность их выше там, где больше солнечного света.

Сопоставив преимущества и недостатки солнечных электростанций, можно прийти к выводу, что они практически идеально подходят для аэродрома. Максимальное потребление электроэнергии аэроklubом приходится именно на те месяцы, когда СЭС работают наиболее эффективно. Условия для размещения солнечных панелей в аэроklubе практически идеальны – места для того, чтобы их не затеняли ни здания, ни сооружения, предостаточно. Если кого-то беспокоит, что блики от панели могут ослепить пилота при заходе на посадку или развороте, отмечу, что панели можно обработать антибликовым покрытием.

Рассмотрим особенности основных элементов СЭС.

Солнечные панели

Воспользуюсь информацией [10, 12]. Солнечные панели (солнечные батареи) – это наборы соединенных друг с другом солнечных ячеек (элементов). Солнечный элемент – небольшое полупроводниковое устройство, преобразующее энергию света в электрическую.

Явление фотосинтеза было открыто еще в 1839 г. французским физиком Эдмондом Беккерелем и названо «фотовольтаическим эффектом». Исследованиями в этой области в 19-м веке занимались ученые многих стран. В 1888 г. русский физик Александр Столетов сформулировал

основные законы преобразования света в электрический ток и создал первую «солнечную ячейку». В 1954 г. созданы первые солнечные элементы на основе кристаллов кремния. В 1963 г. компанией Sharp была реализована концепция солнечной панели. В 1967 г. солнечные панели впервые были использованы на пилотируемом космическом аппарате «Союз-1». Фотовольтаические технологии активно исследовали в разных странах, более всего в США и СССР – лидерах космонавтики тех лет. Энергетический кризис 1970-х годов подтолкнул работы в области альтернативной энергетики, но производство солнечных панелей еще долгое время оставалось довольно дорогим.

Процесс роста производства солнечной электроэнергии отлично иллюстрирует график, приведенный на стр. 8.

Солнечные батареи бывают нескольких типов:

- монокристаллические;
- поликристаллические;
- тонкопленочные;
- органические.

Признанным мировым лидером в области производства солнечных панелей является Китай, занимающий около трети мирового рынка, а среди китайских компаний лидирует фирма Yingli. Лидерами в области использования солнечной энергетики являются не самые солнечные Германия, Бельгия, Чехия [10]. Рост производства экологически чистой электроэнергии в Норвегии повлиял на решение о запрете с 2025 г. использовать бензиновые и дизельные автомобили и заменить весь их парк электрическими.

Мощности солнечных панелей могут быть от 200 Вт до 300 Вт, размеры составляют 1,5×0,8 м, 1,64×0,9 м, 1,64×1 м, толщины колеблются в диапазоне 35–42 мм. Таким образом, для производства 1 кВт электроэнергии надо иметь от трех до пяти панелей, 10 кВт – 30–50 панелей и т.д. Цены солнечных панелей также зависят от их типа и производителя.

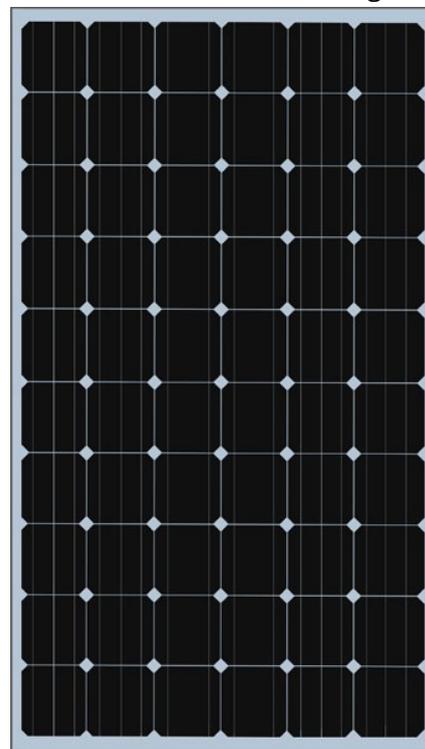
Монокристаллические панели

Эти панели наиболее эффективны и распространены. Для изготовления их элементов кремний очищается, плавится и кристаллизуется в слитках, от

которых отрезают тонкие слои. Внешне монокристаллические элементы выглядят как однотонная поверхность темно-синего или почти черного цвета. Сквозь кремний проходит сетка из металлических электродов. Эффективность элемента составляет от 16 до 19% в стандартных условиях (прямой солнечный свет, +25 °С).

Производительность монокристаллических солнечных панелей за каждые 20–25 лет службы снижается на полпроцента в год, а общий срок службы таких панелей хороших производителей составляет обычно 40–50 лет. Однако это расчетные цифры, поскольку таких старых панелей в массовой эксплуатации пока нет. На практике же качественные монокристаллические панели сохраняют 100% мощности и после 10 лет службы. Исследования компании Brightstar Solar в 2009 г. показали, что произведенные 40 лет назад монокристаллические солнечные панели до сих пор работают и их мощность составляет около 80% изначальной.

Сегодня монокристаллические солнечные панели – самый надежный источник получения электроэнергии от солнца. В [12] владелец экодома в Калининграде воспользовался панелями YL270C-30b с монокристаллами Garde A китайской компании Yingli. В



Монокристаллическая панель [10, 12]

Германии цены на монокристаллические панели находятся в диапазоне 0,79–0,82 евро/Вт в зависимости от мощности СЭС [13]. Например, немецкая монокристаллическая панель PH-275M-60 EU мощностью 275 Вт в пакете из 38 панелей и больше (≥ 10 кВт) обойдется в 208 евро, а за весь пакет надо заплатить 7900 евро [13].

Поликристаллические панели

Технология изготовления принципиально не отличается от монокристаллических элементов. Разница состоит в том, что для изготовления используется менее чистый и более дешевый кремний. Внешне поверхность поликристаллической панели представляет собой узор из множества кристаллов. Эффективность такого элемента составляет от 14 до 15%, но есть панели и с более высоким к.п.д. Например, немецкая компания предлагает для неевропейских стран китайскую поликристаллическую панель PV Solar-Panels мощностью 245 Вт по цене 0,36 евро/Вт (при пакете из 16 панелей) [13]. К.п.д. этой панели 17%. Причем все примеры и цены я



Поликристаллическая панель [13]

привожу с сайта немецкой компании, которая имеет свои магазины в Украине, в частности, в Харькове. Цены на моно- и поликристаллические панели в Украине можно изучить по данным сайта [15] – большой выбор свидетельствует о растущем спросе.

Не буду тратить время на описание солнечных панелей с ленточным кремнием, поскольку они занимают только 2% мирового рынка. Аналогично только упомяну о панелях из аморфного кремния, т.к. их к.п.д. составляет 6–9%, а срок службы – 10–15 лет. Такие панели дешевле и вполне оправдывают себя в пустынях, где солнце не теряет яркость практически круглый год. Не для нашей местности.

Панели из аморфного кремния лучше всего использовать в пустынях, где много солнца и много места. Для частных проектов на ограниченной территории монокристаллические панели оказываются выгоднее, поскольку служат гораздо дольше и занимают гораздо меньше места [10].

Тонкопленочные панели

Тонкопленочные солнечные фотоэлектрические элементы используют преимущественно для мобильных бытовых электростанций. Срок их службы меньше по сравнению с моно- и поликристаллическими панелями, но они удобны в поездках, походах, в удаленных от цивилизации местах для обеспечения независимого питания ноутбука, освещения, радиостанции и пр. Такие панели можно купить в интернет-магазинах, но рассматривать в статье их не имеет смысла.



Тонкопленочная панель [12]

Органические солнечные панели

О них пока известно очень мало, в основном лишь то, что в отличие от моно- и поликристаллических панелей

в них используются только органические материалы. В Александрии Кировоградской области намерены построить завод по производству таких батарей с объемом производства 40 МВт в первый год. По заявлениям ООО «ПромКонверсия», инициатора проекта, очередь заказчиков расписана уже на четыре года вперед. Цена этих панелей значительно ниже по сравнению с известными неорганическими панелями. Но ниже и к.п.д. и срок службы.



Органическая панель [14]

Контроллер

Агрегат, который управляет работой солнечной электростанции. Следовательно, от его работы зависит эффективность работы СЭС. На сайте [15] я нашел около полусотни программируемых контроллеров преимущественно китайского производства для солнечных панелей, цены которых в зависимости от напряжения и силы тока в сети колеблются в диапазоне от 10 до 1000 евро. Можно воспользоваться и продукцией немецкой SMA Solar Technology AG [12, 16].



Контроллер SUNNY ISLAND 6.0H. 6.0 [16]

Инвертор

Инверторы служат для преобразования постоянного тока в переменный ток и наоборот. Не буду тратить время на перечисление производителей этих агрегатов и их цен. При желании каждый сможет сделать это, воспользовавшись сайтом той же компании SMA Solar Technology AG [16].

Если срок службы солнечных батарей колеблется в пределах 40–50 лет, то инверторы служат меньше – 15–20 лет.

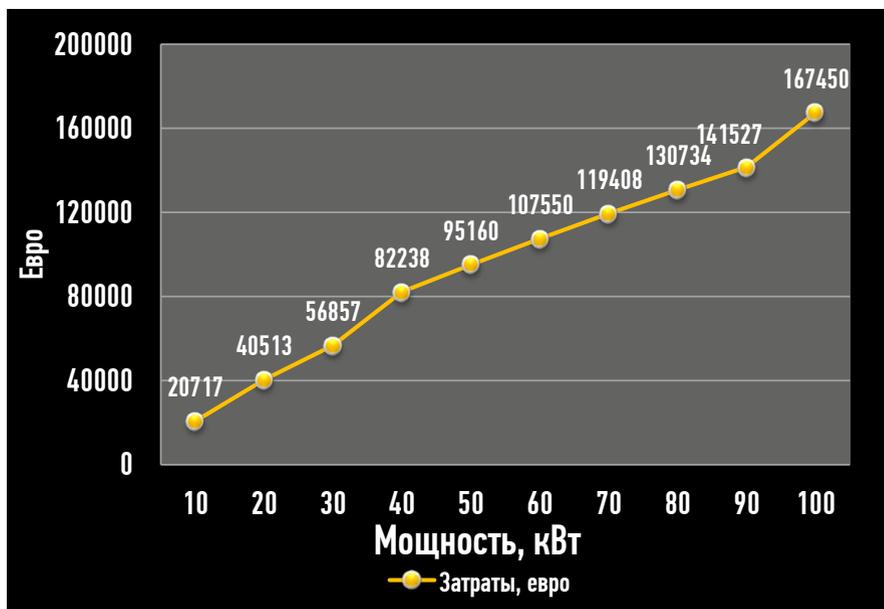
Еще одному компоненту солнечных электростанций я посвящу отдельную статью, поскольку АКБ используются не только в СЭС, но и в конструкциях электрических самолетов и автомобилей. Так что это отдельная большая тема.



Инвертор Sunny Boy 5000TL [12, 16]

Рентабельность солнечных электростанций

Сложно говорить о рентабельности установки СЭС и использования ее по «зеленому тарифу», если не известен ни нынешний, ни будущий объем потребления электроэнергии. Понятно, что для получения значительной экономии и снижения затрат на летный час электрических самолетов за счет использования альтернативных источников электроэнергии нужны инвестиции. Сегодня на сайтах украинских компаний, предлагающих монтаж СЭС «под ключ», есть множество предложений. Некоторые даже поместили калькуляторы для расчета рентабельности подключения СЭС, причем для каждой области, т.е. с учетом количества солнечных дней, отдельно для предприятий и частных домовладений [8]. К сожалению, в калькуляторе не указано, какого типа



Затраты на устройство СЭС

учитываются солнечные панели и другие агрегаты СЭС. Но по данным расчета можно судить, какую долю в стоимости СЭС составляют те или иные статьи расходов:

- стоимость оборудования – 64%;
- строительно-монтажные работы – 13%;
- проект СЭС – 7%;
- аудит объекта – 2%;
- сопровождение проекта – 14%.

Расчеты показывают, что при такой структуре затрат на устройство СЭС мощностью от 10 до 100 кВт требуется от 20 до 167 тыс. евро. При этом ежегодный доход от производства электроэнергии будет составлять 9–10% от первоначальных инвестиций, а окупаемость наступит через 10–11 лет (см. график).

Думаю, что если учесть экономию топлива и доходы от эксплуатации электросамолетов, экономику использования альтернативных источников электроэнергии в аэроклубе можно оптимизировать. Во всяком случае, я надеюсь, что в конкретном аэроклубе все расчеты можно положить на реальную основу.

Тепловые насосы

Воздержусь пока от описания ветроэлектростанций, хотя замечу, что и их в той или иной степени можно применять на аэродроме. Например, сегодня в продаже есть компактные ветрогенераторы, которые вместе

с небольшой солнечной панелью устанавливают на столбы наружного освещения и делают освещение практически бесплатным. На европейских аэродромах также можно увидеть и небольшие ветряки (см. фото на стр. 13). Я уже упомянул, что ветровые электростанции мира в 2011 г. вырабатывали 240 ГВт электроэнергии, причем шестую часть, 45 ГВт производили в Китае. Здесь произошел большой скачок, когда за короткий период объем ветроэлектроэнергии увеличился вдвое. Но Китай – не единственный пример. Например, в 2010 г. в Румынии ВЭС производили в 65 раз больше электроэнергии, чем в России. У Ямайки мощность ВЭС была втрое больше, а в Люксембурге вдвое больше, чем в России. Но использование ветроэлектроэнергии в авиации рассмотрим позже.

Пока же думаю, что более интересной для руководителей аэроклубов будет информация о современных системах отопления и кондиционирования, которым не требуется ни газ, ни жидкое, ни твердое топливо. Интересно, что в статье «Новоселы» о чешской компании BRM Aero («АОН» №2'2015) я упомянул о такой системе, но сам тогда не обратил на нее особого внимания, так как мне объяснили, что она работает на геотермальном источнике, а они есть далеко не везде. Так вот, оказывается, подобные системы могут работать в любой местности и при довольно низких температурах.

ЗЕЛЕНЫЙ АЭРОДРОМ



Ангары BRM Aero в Чехии обогревает тепловой насос

Как работает тепловой насос?

Воспользуемся информацией специалистов [10, 17].

Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой.

Очень часто для объяснения принципа работы теплового насоса употребляют выражение «холодильник наоборот». Действительно, в тепловом насосе, холодильнике и кондиционере используются одинаковые принципы работы. Законы термодинамики позволяют забирать тепловую энергию в одном месте и передавать в другое. Например, бытовой холодильник использует для теплообмена воздух помещения, в котором находится. Поэтому сзади каждого холодильника есть радиатор, который служит для рассеивания избыточного тепла. В результате в камере холодильника – мороз, а за холодильником – тепло. Обычный кондиционер для теплооб-

мена тоже использует воздух, забирая тепло из помещения и передавая его на улицу. Тепловой насос работает так же, только забирает снаружи тепло и передает его в дом.

Тепло забирается из земли через пластиковый трубопровод. В трубах циркулирует незамерзающая жидкость, которая передает собранное тепло в испаритель теплового насоса. В испарителе незамерзающая жидкость отдает свою энергию фреону, который нагревается и преобразуется в пар, сжимаясь в компрессоре. Из-за резкого увеличения давления в компрессоре температура паров фреона резко поднимается. Далее горячие пары попадают в конденсатор, где передают тепло в тепловую систему. Остывшая незамерзающая жидкость по трубам возвращается в грунт, где снова собирает тепло. Энергия используется только для переноса тепла, поэтому этот способ обогрева является одним из самых дешевых.

Даже внешне главный агрегат теплового насоса похож на холодильник – коробка, в которой содержится

компрессор, испаритель, хладагент и т.д.

Принцип работы теплового насоса основан на базовых физических явлениях:

- когда вещество испаряется, оно поглощает теплоту, а когда конденсируется – отдает теплоту;
- когда давление меняется, меняется температура испарения и конденсации вещества: чем выше давление, тем выше температура и наоборот.

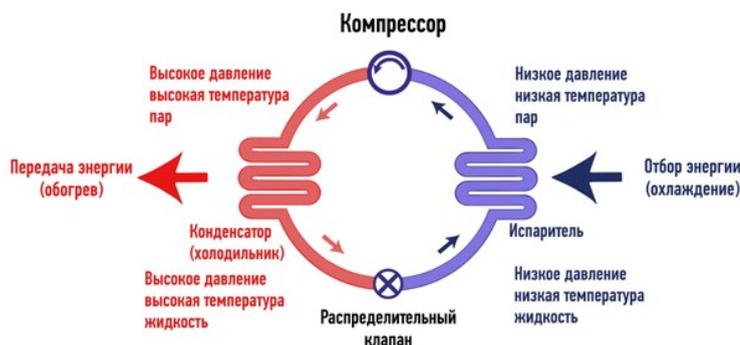
На схеме показаны основные компоненты теплового насоса – испаритель, конденсатор (холодильник), компрессор и контур, по которому прогоняется хладагент. С одной стороны можно получить тепло, а с другой – холод.

Со стороны обогрева подключаются системы отопления или горячего водоснабжения. Также обогрев может использоваться для сброса энергии, когда система работает в режиме кондиционирования. Для этого к обогреву подключается теплообменный контур с внешней средой: воздухом, водой или грунтом в зависимости от типа теплового насоса.

Со стороны охлаждения подключается система кондиционирования, а также теплообменный контур со средой – источником энергии: воздухом, водой или грунтом.

Большинство современных тепловых насосов работают как на отопление, так и на охлаждение, поэтому в них обычно встраивается возможность переключения контуров теплообмена то на охлаждение, то на обогрев.

Для работы агрегатов теплового насоса используется электрическая энергия



Принцип работы теплового насоса [10]

(которую можно получить и от автономной солнечной электростанции). Она же требуется для обеспечения работы теплообменных контуров (прокачки теплоносителя, обдува и т. п.).

Каждый тепловой насос характеризуется мощностью потребляемой электроэнергии и количеством производимой тепловой энергии или охлаждения. Соотношение величины вырабатываемой (отбираемой) тепловой энергии и потребляемой электрической называется коэффициентом трансформации (coefficient of performance – COP). Эта величина характеризует эффективность теплового насоса и зависит от разности уровня температур в испарителе и конденсаторе: чем больше разность, тем меньше эффективность. По этой причине тепловой насос должен использовать по возможности большее количество низкопотенциального тепла, не стремясь к его сильному охлаждению. При этом растет эффективность теплового насоса, поскольку при слабом охлаждении источника тепла не происходит значительного роста разницы температур.

Например, если коэффициент трансформации $COP = 4$, то на 1 кВт затраченной электроэнергии тепловой насос обеспечит 4 кВт тепловой энергии. Для сравнения: обычный электронагреватель на 1 кВт затрачиваемой электроэнергии производит 1 кВт тепловой, т.е. в четыре раза меньше!

Эффективность работы теплового насоса и коэффициент трансформации (COP) – величины непостоянные. Например, если воздушный тепловой насос использует в качестве тепла воздух с температурой $+5^\circ\text{C}$ и подает воздух с температурой $+35^\circ\text{C}$ для отопления помещения, то разница составит 30°C градусов и коэффициент $COP = 3$. Если температура воздуха на улице будет -5°C , то разница температур составит 40°C и значение COP опустится до 2. Чем ниже температура исходной среды и выше требуемая температура нагрева, тем меньше будет эффективность насоса.

Виды тепловых насосов

Тепловые насосы различают главным образом по среде, с которой осуществляется теплообмен: воздух, вода, грунт.

Воздушные тепловые насосы

Воздушные тепловые насосы выглядят и работают как обычные воздушные кондиционеры. Уже в 1950-х годах воздушные кондиционеры стали снабжать функцией обогрева. Сейчас большинство продаваемых бытовых кондиционеров – это воздушные тепловые насосы, которые используют воздух как теплообменную среду для получения или сброса энергии. Температура воздуха заметно меняется от сезона к сезону и в течение суток, поэтому и эффективность воздушного теплового насоса зависит от сезона и времени суток.

Недостатки воздушных тепловых



Тепловой насос воздушного типа



Тепловой насос воздушного типа фирмы OSTOPUS



Комплектация теплового насоса воздушного типа:

- 1 – наружный блок, состоящий из 1–3 радиаторов;
- 2 – компрессорно-конденсаторный блок;
- 3 – блок управления и автоматики;
- 4 – терморегулирующий вентиль.

насосов:

- средний уровень эффективности кондиционирования;
- низкий уровень эффективности отопления.

Преимущества:

- сравнительно недорогая установка.
- Тепловые насосы можно приобрести в Харькове [18], они довольно популярны, поскольку среднегодовая температура составляет $+8,1^\circ\text{C}$.

Водяные тепловые насосы

Тепловые насосы этого типа в качестве теплообменной среды используют воду. Источником может служить незамерзающий водоем и даже грунтовые воды. Водяные тепловые насосы отличаются более высокой эффективностью охлаждения по сравнению с воздушными, поскольку температура воды (особенно на глубине) гораздо меньше изменяется от сезона к сезону.

Например, в Стокгольме (Швеция) большинство зданий используют кондиционирование и отопление от большой централизованной теплонасосной станции, где в качестве теплообменной среды используется морская вода. Мощность тепловых насосов этой станции – свыше 150 МВт на охлаждение и 275 МВт на отопление. Среднее значение коэффициента трансформации (COP) в 2010 г. составило 6,9. Для сравнения: у воздушных насосов значение COP 3 считается хорошим. То есть водяные тепловые насосы, как правило, вдвое эффективней воздушных и затрачивают в два–три раза меньше электроэнергии для обеспечения аналогичного объема охлаждения (отопления).

Помимо морской воды для теплообмена можно использовать воду глубокого озера. Такая станция работает в Торонто (Канада) и использует воду озера Онтарио. **Но чаще всего водяные тепловые насосы используют грунтовые воды, которые есть практически везде, стоит только пробурить скважину достаточной глубины.**

Водяные тепловые насосы успешно используют для отопления больших объектов – крупных зданий, поселков или целых городов, поскольку большой объем воды и ее практически



Тепловой насос водяного типа

постоянная температура обеспечивают огромные возможности для получения тепловой энергии. Основная сложность в эксплуатации водяного теплового насоса – контроль температуры поступающей и выводимой воды, а также температуры на выходе, чтобы не допустить промерзания системы. Это еще одна причина, почему водяные теплонасосы чаще всего применяют для больших объектов.

Недостатки водяных тепловых насосов:

- необходимость контроля;
- сложность установки системы подачи и закачки обратно воды.

Преимущества:

- высокая эффективность охлаждения и отопления;
- возможность обеспечения теплом/холодом больших объектов;
- небольшая глубина скважины (для грунтовых вод обычно 10–40 м).

Геотермальные тепловые насосы

Наиболее распространенным типом для использования в частном секторе являются геотермальные (грунтовые) тепловые насосы, которые в качестве теплообменной среды используют почву и глубинные породы. По эффективности они соответствуют водяным тепловым насосам и на практике во многих моделях в качестве теплообменной среды могут применяться не только грунт, но и вода.

В качестве теплообменника закладывается большой подземный коллектор из длинных труб. Трубы обычно изготавливают из специального пластика, реже используют медь и другие материалы. По трубам подземного коллектора прогоняют незамерзающий теплоноситель, поэтому в таких

системах исключены повреждения вследствие промерзания. Большинство геотермальных тепловых насосов работают автоматически и не требуют специального контроля.

Есть два основных варианта закладки подземного коллектора. Первый – горизонтальный. Трубы закапывают в траншеи или котлованы ниже уровня заморозки почвы на 1–2 метра и засыпают сверху слоем почвы. Этот более дешевый способ распространен в Германии. Для горизонтального способа нужна достаточная площадь земли. Поверх контура подземного коллектора нельзя сажать деревья, поскольку их корни могут повредить систему. Как видим, этот тип теплового насоса можно отлично использовать практически во всех современных аэродромах: достаточно площади, не засаженной кустарником и деревьями. Грунт в умеренно-континентальном климате с мягкой зимой и довольно жарким летом не промерзает на большую глубину, поэтому трудоемкость закладки подземного коллектора невелика.

Еще один тип теплового насоса требует бурения вертикальных сква-



Грунтовые теплонасосы

жин глубиной 50–150 м. Стоимость бурения и закладки труб с бетонированием обычно превышает стоимость самого теплового насоса. Но этот метод имеет ряд преимуществ. Для скважин не требуется большая площадь земельного участка, а температура на большой глубине меньше зависит от времени года и промерзания сверху, поэтому эффективность для отопления выше, чем горизонтальных коллекторов.

Недостатки геотермальных тепловых насосов:

- закладка подземного контура требует больших затрат.

Преимущества:

- высокая эффективность охлаждения и отопления;
- возможность обеспечения теплом/холодом зданий различного размера;
- возможность автоматизированной безаварийной работы без дополнительного контроля.

В оптимальной системе отопления можно просто объединить тепловой насос с солнечными коллекторами, которые можно использовать в комплексе с СЭС, и тем самым использовать преимущества обеих систем. Тепловой насос, частично используя электроэнергию, будет обеспечивать отопление, кондиционирование, а также обеспечит сброс излишней тепловой энергии от солнечных коллекторов летом, запасая тепло в грунте для восстановления баланса и последующего использования тепла зимой для отопления. Солнечные коллекторы будут давать бесплатную горячую воду, помогать отоплению, повышая эффективность работы теплового насоса.

История тепловых насосов

Основные принципы работы тепловых насосов и кондиционеров были изложены лордом Кельвином в опубликованной 1852 г. статье «Об экономии на обогреве и охлаждении зданий посредством потоков воздуха». Однако только в начале XX века стали появляться и нашли массовое применение прототипы современных холодильников и кондиционеров. Прямым следствием этого развития стало и появление тепловых насосов как приборов, работающих наоборот – для получения тепла, а не холода.

В 1940-х годах американский изобретатель Роберт Веббер обратил внимание на то, как сильно нагревается радиатор морозильной камеры. Он поместил преобразованный радиатор в бак с водой, чтобы ее нагревать. В результате в домашнем хозяйстве появился избыток горячей воды. Веббер пошел дальше и, применив вентилятор для обдува радиатора, на практике достиг эффекта нагрева воздуха в помещении. В итоге изобретатель собрал конструкцию, которая использовала агрегаты, подобные морозильной камере, и охлаждала большой подземный теплообменный контур из трубок с теплообменной жидкостью. Эта конструкция нагревала дом. Так появился первый геотермальный тепловой насос. На следующий год Веббер демонтировал свой прежний котел, работавший на угле.

Идея получила свое коммерческое воплощение, и было налажено массовое производство тепловых насосов, которые стали популярны сначала в США, а потом в Европе. В настоящее время в мире установлено более двух миллионов тепловых насосов для использования в отоплении, горячем водоснабжении и кондиционировании. Лидерами в использовании геотермальных тепловых насосов являются США, Швеция, Китай и Германия.

Резюме

Надеюсь, что своей статьей обозначил интересную и актуальную тему, поэтому жду вопросы и замечания руководителей аэроклубов и владельцев аэродромов, чтобы перевести обзорную информацию в плоскость конкретных проектов, которые позволят сделать эксплуатацию наземных инфраструктур АОН не только менее затратной, но и более благоприятной для распространения электрических воздушных судов АОН. За ними будущее.

Сергей Арасланов

Источники

1. <http://ecotechnica.com.ua/transport/486-vpervye-v-mire-elektricheskij-samolet-poluchil-litsenziyu-na-proizvodstvo-v-kitae.html>
2. <http://www.pipistrel.si/plane/alpha-electro/technical-data>
3. AERO-2015: «зеленые технологии»/С.А. Арасланов//Авиация общего назначения. – Харьков: 2015. №4. С. 24–30.
4. <http://kyivenergo.ua/ru/ee-company/tarifi>
5. <http://www.mega-billing.com/ru/info/byt/normatives/tariffs/energo/>
6. <http://itc.ua/articles/elektromobili-v-ukraine-v-2015-godu-servis-zaryadka-vyigoda-v-dengah/>
7. О безопасности полетов homebuilt aircraft/Ron Wanttaja//Авиация общего назначения. – Харьков: 2015. №11. С. 9–12.
8. <http://solarplant.com.ua/>
9. <http://solarsoul.net/v-ukraine-umenshen-zelenyj-tarif-dlya-fotoelektrostantsij>
10. <http://svetdv.ru/sun/index.shtml>
11. <http://solarsoul.net/shema-solnechoj-photosystemu>
12. https://m.bitrix24.ru/blogs/community_blog/solnechnaya-elektrostantsiya-na-zapade-rossii.php
13. <http://www.photon-solar.eu/index.php?seite=ukraine>
14. <http://investigator.org.ua/news/161056/>
15. http://elektromag.in.ua/index.php?option=com_virtuemart&view=category&virtuemart_category_id=167&Itemid=628
16. <http://www.sma.de/en/contact/contact-form.html>
17. <http://www.nibe.ua/ru/Products/Geothermal-heat-pump/FAQ/>
18. <http://octopus.kh.ua/>



В компании BRM Aero в Чехии тепловой насос передает тепло через теплые полы, никаких радиаторов вдоль стен нет

«УТКИ» РУТАНА



Фото Сергея Рябцева

Продолжаем публикацию статей о разработках выдающегося конструктора авиационной и космической техники Берта Рутана, начатую его лекцией «Фантастика становится реальностью» («АОН» №11'2015). В этой статье речь пойдет об «утках», с разработки которых началась биография конструктора.

Вместо предисловия

К сожалению, в отличие от некоторых читателей журнала я не знаком с Бертом Рутаном. Поэтому материал для статьи пришлось собирать «с миру по нитке», изучая в Интернете множество сообщений о том, что создал за полвека этот уникальный человек. В результате я пришел к выводу, что знаю о нем значительно меньше, чем предполагал, необоснованно считая, что достаточно информирован о его биографии. Более того, думаю, что и мои друзья, которым повезло общаться с Рутаном или слушать его лекции, найдут в статье новое о нем и его проектах. Надеюсь, что замечательные фотографии Сергея Рябцева и Родиона Николая, сделанные на AirVenture Oshkosh, будут прекрасными иллюстрациями статьи наряду с архивными фото. Наиболее интересные эпизоды биографии Рутана переведены из статьи Дэвида Густафсона «Burt Rutan: icon of homebuilding... and space travel» («Берт Рутан: икона самодельщиков... и космических туристов»).

Ангар №13

В своей лекции Рутан признался, что его увлечение авиацией родилось под впечатлением от большого скачка летных характеристик самолетов, который пришелся на его детские годы. А решение стать конструктором Берт при-



Первые взлеты (из архива Рутана)



На базе Edwards ВВС США

нял, собирая модели самолетов, в частности, бомбардировщиков B-36 Peacemaker фирмы Convair. Моделизм сыграл в его судьбе не менее важную роль, чем потрясающие успехи авиации, очевидцем которых он оказался в то время. Не обошлось и без помощи взрослых. Знакомый владелец местного hobby shop чуть не каждые выходные вывозил Рутана и его друзей на соревнования по авиамоделизму в Dinuba, San Francisco (California). Берт не только экспериментировал с моделями, отказываясь просто собирать их из наборов, но и участвовал в различных соревнованиях. Первый свой приз он получил в 12 лет на конкурсе... питьевого молока. А к 17 годам, когда он стал призером соревнований по авиамоделизму в Далласе (Dallas), у него был опыт конструирования 11 оригинальных авиамodelей.

Продолжением детского увлечения стала профессия, которой Рутан начал овладевать в Калифорнийском технологическом институте (California Polytechnic University), куда поступил в 1961 году на отделение аэронавтики. Надо сказать, что в 2016 году этому учебному заведению исполнится 125 лет, и с ним связаны судьбы 31 лауреата Нобелевской премии, десятков выдающихся ученых и инженеров, здесь работает лаборатория реактивного движения, которая запускает большую часть космических



VariViggen Model #27 (первый полет состоялся в мае 1972 г.) на стенде братьев Рутан в музее AirVenture EAA

аппаратов NASA. И здесь же Берт увлекся самолетами схемы «утка». Восхищенный шведским истребителем-уткой Saab 37 Viggen, Рутан начал проектирование своего первого homebuilt VariViggen. Еще будучи студентом, он провел исследование модели своей «утки» в аэродинамической трубе в Cal Poly в 1964 году. Но непосредственно к строительству первой самоделки приступил спустя лишь четыре года, когда служил на базе Edwards BBC США, куда поступил в 1965 г. сразу после окончания университета. Служба в армии, которой он отдал семь лет жизни, также сыграла свою роль в биографии авиаконструктора, поскольку Берт освоил профессию инженера-испытателя, а финалом его армейской карьеры было участие в летных испытаниях F-15.

В свободное от службы время Рутан строил свою первую «утку», вкладывая в нее не только университетские знания, но и новый опыт исследователя. Не имея более возможности исследовать модель будущего самолета в аэродинамической трубе, он создал специальный стенд на базе автомобиля Dodge Dart. Установив на мачте модель



Строительство VariViggen (из архива Рутана)



Автостенд для исследований VariViggen

VariViggen, он снимал с помощью уникальной аппаратуры ее аэродинамические характеристики, разгоняясь на своем «Додже». Сегодня этим никого не удивишь, но в то время такой стенд был оригинальным решением.

В 1971 г. Рутан впервые приехал на слет EAA в Oshkosh (он стал членом Ассоциации экспериментальной авиации еще в 1965 г.). А спустя год его VariViggen выиграл премию Stan Dzik за вклад в развитие конструирования, поскольку этот самолет был первой «уткой» с толкающим винтом, которая была представлена на слете. VariViggen стал «бомбой» слета 1972 г., вызвал громадный ажиотаж американских авиалюбителей. Он сулил им ощущения полета на современном истребителе, который можно довольно быстро и дешево построить своими руками. Но прежде чем рассказать о триумфе «уток» Берта, надо признать, что распространению самолетов Рутана предшествовало еще несколько событий.

Одним из таких событий была встреча Берта Рутана с Джимом Беде (Jim Bede), конструктором известного одноместного самолета-

та BD-5. Кто-то из членов местной организации EAA еще в 1971 г. рассказал Джиму о Рутане, его проекте и опыте испытательной работы в ВВС. Поэтому Джим предложил Берту работу в качестве летчика-испытателя его самолетов, которые Беде собирался продавать в виде кит-наборов. В то время Рутан искал работу после окончания службы, хотя еще и не решил окончательно разрывать отношения с ВВС, поскольку работа там была престижной и высокооплачиваемой. Кроме того, Берту не нравилась концепция самолета с крылом малого удлинения и высокой удельной нагрузкой на крыло. Тем не менее, он согласился работать на Джима, рассчитывая, однако, что сможет внести свой вклад в развитие проекта и стать партнером по бизнесу. Рутан даже разработал концепцию одноместного цельнометаллического MiniViggen, который мог бы так же, как и BD-5, летать с поршневым или турбореактивным двигателем, но иметь при этом лучшие летные характеристики и быть более без-



Испытание BD-5 (из архива Рутана)

опасным. К удивлению Берта, его предложения не заинтересовали Джима Беде. Очевидно, тот не планировал делить свой бизнес с молодым инженером. Назревал скандал, которого удалось избежать, и Берту пришлось проработать с Джимом не один год, как он первоначально предполагал, а два. Эти годы не пропали даром, так как Рутан

работал как ведущий конструктор обеих моделей BD-5 (с поршневым и турбореактивным двигателями), испытывал их, глубже разобрался в особенностях производства и продаж самолетов из кит-наборов.

В 1973 году он ушел из фирмы Беде и решил создать, «стиснув зубы», свой собственный бизнес. Оснований для этого было более чем достаточно. VariViggen по-прежнему был интересен многим американским пилотам и самодельщикам. При этом Берт решил не использовать вклады будущих заказчиков, как Джим Беде, до тех пор, пока не подготовится к производству и продажам кит-наборов. Участвуя в разработке BD-5, он приобрел опыт, который позволил ему в дальнейшем избежать ошибок своего прежнего работодателя в собственном бизнесе.

На повестку дня встал вопрос о производстве наборов для сборки VariViggen. К тому времени Берт понял, что самолет, изготовленный из разных материалов (деревянный фюзеляж из сосны и березового



VariViggen сегодня находится в центре персональной экспозиции братьев Рутан в музее AirVenture EAA

Фото Сергея Рябцева



VariEze, модель 33 (первый полет состоялся в марте 1976 г.)

шпона, металлическое крыло, шасси, для уборки и выпуска которого использовался электродвигатель), сложен для сборки в домашних условиях, поэтому необходимо было доработать и конструкцию, и технологию изготовления кит-набора и самолета. Но вначале необходимо было найти помещение для работы, а также жилье для семьи из четырех человек. Рутан вернулся в Калифорнию, взял у отца взаймы 15 тысяч долларов и занялся поиском места для своей фирмы. Однако в Лос-Анджелесе аренда, а тем более покупка жилья и производственных площадей были безумно дороги, поэтому Берт занялся поисками подходящих условий в Калифорнии на огромной территории вплоть до границы с Мексикой: Brown Field, Montgomery, Ramona, Flabob и многие другие места оказались слишком дорогими для Рутана. И только заброшенный аэропорт в пустыне Мохаве (Mojave), всего в 80 милях севернее Лос-Анджелеса (!), он счел вполне приемлемым по цене. Берт арендовал за 15 долларов в месяц угол старого деревянного ангара и начал работу в этом забытом Богом месте. Как он признался потом, его согревала мысль, что аэродром находится недалеко от базы Edwards, куда он рассчитывал вернуться в

случае неудачи собственного дела.

Вначале Берт зарабатывал, продавая за 27 долларов чертежи своего VariViggen. Спрос на них был, поскольку участие Рутана в AirVenture Oshkosh в 1972–74 гг. подогрело интерес к самолету. Однако Берт прекрасно понимал, что продажа чертежей – это не то, чем он хотел заниматься. С первых дней работы в Мохаве он размышлял над тем, как сделать VariViggen более простым и технологичным. В один из дней открытых дверей родного университета он познакомился с исследователями, которые разрабатывали технологии изготовления трехслойных обшивок. Работая у Джима Беде, Рутан уже имел небольшой опыт изготовления элеронов из пенопласта со стеклопластиковой обшивкой. После встречи в университете он решил освоить технологии резки пенопласта нагретой струной и склеивания трехслойных обшивок. Оказалось, что в отличие от производства цельнометаллических или деревянных конструкций, новая технология практически не требовала оснастки, и для изготовления агрегатов самолета был необходим минимум инструмента. Фактически Рутан освоил новую технологию изготовления кит-наборов самолетов из композитов.

К тому времени Берт переехал в ангар №13 и повесил на его воротах табличку Rutan Aircraft Factory (RAF). Это произошло в 1973 г. В дальнейшем под этой торговой маркой будет разработано пятнадцать пилотируемых самолетов, выполнены 12 исследовательских программ и заказы крупных частных фирм, таких, как Beechcraft и NGT-Fairchild, а также государственных учреждений, в частности, NASA. Но в начале пути площадь ангара RAF была значительно больше, чем необходимо было Рутану в то время. Он отгородил часть ангара, а остальную площадь сдал в аренду. Таким образом, субарендаторы освободили его от забот об оплате производственных площадей, и Берт сконцентрировался на подготовке производства кит-наборов. В первые годы единственным работником RAF был сам Рутан. Затем к нему присоединился Гэри Моррис (Gary Morris), художник по образованию, который вначале приходил в ангар Берта ради интереса, а затем начал помогать ему в работе со стеклопластиком. Рутан не мог тогда платить Моррису зарплату и иногда угощал ужином, когда они задерживались в ангаре допоздна.

После трех лет участия в слетах ЕАА к Рутану обращались с просьба-

Фото Сергея Рябцева



VariViggen, модель 32SP, борт 00



VariEze (убрана передняя стойка)

Фото Сергея Рябцева

ми продать кит-наборы VariViggen, но он отказывался брать деньги вперед, работая над технологией изготовления набора минимальной трудоемкости и проектируя новый самолет. В результате появились VariViggen, модель 32SP с трехслойными обшивками, и VariEze – совершенно новая «утка», которая буквально очаровала тысячи пилотов во всем мире. Рутан спроектировал этот самолет буквально за 3,5 месяца, с февраля по май 1975 г., а появление его на слете в Oshkosh сегодня сравнивают с революцией в Fly-in. Берт начал продавать чертежи VariEze за 125 долларов, и с момента первой продажи получил к концу 1976 г. на строительство своих самолетов 750 тыс. долларов! Такому успеху способствовали не только участие в слетах и статья Джека Кокса (Jack Cox) в журнале «Sport Aviation», но и распространение ежеквартального информационного бюллетеня (задолго до появления Интернета) несколькими тысячам подписчиков. В 1976 г. Рутан смог заплатить первую зарплату Гэри Моррису, оставив семье всего 8 тыс. долларов, а остальные деньги вложил в производство и разработку новых самолетов. Цифра 13 оказалась вполне удачной для Берта. Всего за полвека самостоятельной конструкторской деятельности он разработал 46 различных летательных аппаратов, и практически каждый из них был уникальным, непохожим на другие. Очевидно, что хронологическое описание всех этих разработок по отдельности в журнале сделать сложно. Поэтому в

дальнейшем я объединю разные проекты в группы и попытаюсь рассказать о них коротко, чтобы показать хотя бы диапазон творчества Рутана. При этом должен заметить, что некоторые самолеты сложно отнести к какой-то одной группе. В частности, это относится к двухфюзеляжным самолетам, которые могут быть отнесены и к разным группам по расположению несущих поверхностей.

«Утки»

Я нашел описания не менее 12 «уток» Рутана. На самом деле их больше. Два самолета, Jet LEZ Vantage, Model #61B и Rodie, Model #61-C, защищены патентами, поэтому информация о них закрыта. Можно только догадаться, что модель #61B представляет собой модификацию Long-EZ с турбореактивным двигателем FJ107 компании Williams International. Кроме того, Voyager RTW #76, отнесенный к группе двухфюзеляжных самолетов, также выполнен по схеме «утка». И Proteus #281 Wyman Gordon, который больше напоминает тандем, вполне можно считать «уткой». Такую размытость классификации могу объяснить тем, что в большинстве «уток» Рутана ПГО участвует в создании значительной доли общей подъемной силы самолетов, что приближает их к тандемам. ПГО в «утках» Рутана имеет большое удлинение, позволяющее повысить аэродинамическое качество оперения и обеспечить предупреждающий срыв потока на ПГО, а не на крыле, чтобы повысить безопасность

полета. Фото «уток» Рутана приведены на рис. 1, а в табл. 1 содержатся основные летно-технические характеристики восьми моделей – по четырем не удалось найти данные, за исключением одной-двух характеристик.

Поскольку история разработки VariViggen – первого пилотируемого самолета, сконструированного Рутаном – уже изложена, ограничусь несколькими замечаниями. Прежде всего, приставка Vari связана с тем, что в процессе разработки Берт несколько раз менял параметры крыла, пока не нашел подходящее для него решение. Опытный образец, модель 27, который впервые взлетел в мае 1972 г., отличался от серийных образцов модели #32SP значительно: его фюзеляж был длиннее, размах крыла и размеры винглет крыла больше. Крыло модели 27 металлическое, в модели 32SP в качестве конструкционных материалов применялись трехслойные панели и дерево. Всего было продано более 60 комплектов VariViggen, из них построено 20 самолетов. В настоящее время летает менее пяти VariViggen, с одним в 2006 г. произошло авиационное происшествие вследствие загрязнения топливного бака. С 1988 г. прототип VariViggen, модель 27, находится в музее AirVenture EAA в Ошкоше (см. фото стр. 18-19).

Если на разработку VariViggen было затрачено не менее пяти лет, то второй свой самолет, VariEze, модель 31, Рутан построил в рекордный срок: продумал его концепцию в 1974 г., а в мае 1975 г.

Основные летно-технические характеристики самолетов схемы «утка» Бурта Рутана

Номер модели	#32SP	#33	#40/№74	#61	#77	#115	#143	#151
Название	VariViggen	VariEze	Defiant	Long-EZ	Solitaire	Starship 2000A	Triumph	Light Attack
Год первого полета	1975	1976	1978	1979	1982	1983	1988	1990
Экипаж	2	1	1+3	1+1	1	1+6	1+6	1
Размах, м	5,79	6,77	8,89/9,4	7,96	12,7	16,6	14,63	10,67
Длина, м	5,12	4,32	6,5/6,95	5,12		14,1	11,89	8,97
Высота, м	1,88		2,5/2,85	2,4		3,9	3,32	3,00
Площадь крыла, м ²	11,4	4,98	11,83/12,95	7,617	9,52	26,1	18,49	17,49
Двигатель	Lycoming 0-320	Continental O-200-B	2xLycoming 0-320/0-360	Lycoming 0-245	KFM 107E	2xPWC PT6A-67A	2xFJ44	PWC JT15D
Мощность (тяга), л.с. (кН)	150	100	2x160/2x180	115	23		(8,0)	(13,12)
Запас топлива, л		91	314/434	197	18,95	565		1259
Масса пустого, кг	463,6	263	695/771,5	322	172	4574	2268	1308
Макс. взлетная масса, кг	772,7	476	1315/1360	601	281	6759	4082	2767
Макс. скорость, км/ч	265,5	314	345/342	298	до 212	620	740	763
Крейсерская скорость, км/ч	242	226	315/	232	93	568	630	389
Скорость сваливания, км/ч	77,25	89	113/		59	174	139	145
Скороподъемность, м/с	4	9,15	8,12/8,1	8,9		13,96	23	
Потолок, м		7625	/5485	8230		12497	12497	10670
Дальность, км	645	1368	1936/1808	3235		2536	2963	1100

уже взлетел прототип с двигателем Volkswagen мощностью 62 л.с. С этим мотором брат Рутана Дик вылетел на слет в Ошкош и преодолел расстояние 2636 км за 13 часов 8 минут 45 секунд, затратив на перелет всего 40 галлонов бензина (чуть более 150 л, 5,69 л/100 км!). Самолет вызвал восторг американцев. В итоге только за четыре года после появления прототипа было продано 4500 комплектов, около 2000 самолетов были в стадии сборки и 300 построено к 1980 г. В 1985 г. продажи кит-наборов были прекращены, а в эксплуатации к тому времени оставалось около 800 самолетов. По данным NTSB, в период с 1975 по 2005 годы из 800 самолетов авиационные происшествия были на 130, в том числе 46 самолетов потеряны в катастрофах. Если пересчитать количество катастроф на 1000 самолетов, то в целом показатель для VariEze в 30 раз ниже по сравнению со средним показателем в АОН США («АОН» №11'2015), что подтверждает большую безопасность «утки» по сравнению с другими самолетами.

VariEze стал своеобразным эталоном «утки». В дальнейшем на его базе Рутан и другие конструкторы разработали целый ряд удачных самолетов.

Особенности VariEze, ставшие классикой современной «утки»: стреловидное крыло большого удлинения с большим корневым наплывом и винглеты на законцовках крыла, прямое переднее горизонтальное оперение (ПГО) большого удлинения. Винглеты, или крылышки Уиткомба, которые впервые применил Рутан на легких самолетах, сегодня используются очень широко. В «утках» они выполняют две функции: служат в качестве килей с рулями направления и способствуют уменьшению индуктивного сопротивления, а иногда их используют как воздушные тормоза. Угол установки ПГО и его профиль обеспечивают VariEze предупреждающий срыв потока на ПГО, что дает возможность пилоту перейти на меньшие углы атаки и избежать срыва в опасные режимы всего самолета. «Утка» Рутана имела минимальную площадь смачивае-

мой поверхности и минимальные потери на балансировку, поэтому при одинаковой мощности силовой установки с аналогами нормальной схемы могла летать с более высокими скоростями и преодолевать при том же запасе топлива большие расстояния.

VariEze по максимальной массе наиболее близок к современным ультралайтам. Но в середине 70-х не было самолетов с двигателем мощностью 100 л.с. (на большинстве VariEze установлены Continental O-200-B), способных разогнаться до 314 км/ч и пролетать без дозаправки почти 1400 км (табл. 1). VariEze летал вдвое дальше по сравнению с VariViggen!

В конструкции VariEze впервые было использовано комбинированное шасси: основные опоры на ресоре фиксированные, носовая опора – убираемая. Причем передняя стойка складывалась на стоянке, чтобы обеспечить удобную посадку в кабину. Как уже было отмечено, на прототипе был установлен автомобильный двигатель Volkswagen. Он оказался ненадежным, поэтому

со второго экземпляра на большинстве самолетов использовали сертифицированный авиационный мотор Continental O-200-B, на некоторых устанавливали двигатели Franklin. На первых самолетах для управления по тангажу и крену использовали элевоны, в дальнейшем для управления по крену применяли элероны, а по тангажу – рули высоты.

Defiant («Дерзкий») был первой попыткой Рутана предложить рынку четырехместный самолет. В отличие от предыдущих моделей на Defiant установили два мотора Lycoming O-320 по схеме «тяги-толкай» общей

мощностью 320 л.с. (модель #40). Новая схема позволяла самолету иметь на 30% меньшее индуктивное сопротивление, на 56% меньшую смачиваемую площадь, на 40% большую скороподъемность, чем аналог нормальной схемы. Схема «тяги-толкай» была хорошо известна пилотам по самолету Cessna 337 Skymaster, поэтому у скептиков были предположения, что некоторые проблемы такой компоновки силовой установки не удастся решить (например, толкающий винт работал в худших условиях, чем тянущий, сложнее обеспечить охлаждение заднего двига-

теля). Однако эти проблемы были успешно решены. Особенностью компоновки Defiant была установка слева (по полету) от передней стойки вертикальной поверхности для улучшения устойчивости по курсу. Первоначально самолет был разработан по заказу компании Rug Piper и его планировали сертифицировать по FAR-23. Но в конце 70-х – начале 80-х годов это было дорого, тем более для самолета необычной схемы. Поэтому Рутан принял решение вновь продавать чертежи и кит-наборы. Fred Keller из Анкориджа (Аляска), один из наиболее активных владельцев VaruEze,



VariViggen Homebuilt #27, RAF, май 1972



VariEze POC #31, RAF, май 1975



VariViggen SP #32SP, RAF, июль 1975



VariEze Homebuilt #33, RAF, март 1976



Defiant Homebuilt #40, RAF, июнь 1978



Long-EZ Homebuilt #61, RAF, июль 1979



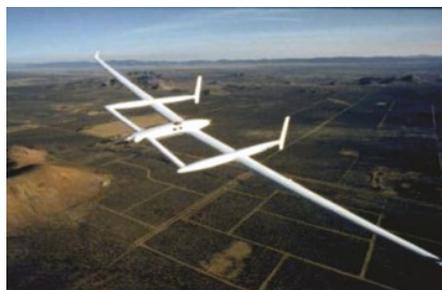
Solitaire Homebuilt #77, SC, май 1982



Microlight #97 Lotus Motors, SC, январь 1983



Starship #115 Beechcraft, SC, август 1983



Voyager RTW #76 VAI, июнь 1984



CM-44 #144 Calif Microwave, SC, февраль 1987



ARES Light Attack #151, SC, февраль 1990

Фото Сергея Рябцева

Фото Rutan Aircraft Factory

Фото Rutan Aircraft Factory

Фото Сергея Рябцева

Фото Scaled Composites

Фото Scaled Composites

взялся собрать Defiant и задокументировать процесс. В результате он сделал это за 18 месяцев. В то время кит-набор стоил около 20 тыс. долларов, и за такую цену и полтора года работы стать владельцем скоростного четырехместного самолета было очень привлекательно. В итоге было продано около 200 комплектов, из которых построено было 20 самолетов. Причем первые 9 были собраны в 1987 г., а в 2005 г. были зарегистрированы 19 машин двух модификаций, которые эксплуатируют в разных странах. Самолет подтвердил не только высокие летные характеристики, но и оказался безопасным, во всяком случае, не было зафиксировано ни АП, ни катастроф Defiant.

Успех одноместных VariEze способствовал появлению двухместных Long-EZ, которые представляли собой не просто масштабированный VariEze, а самолет с новыми аэродинамическими профилями. На крыле первых моделей Long-EZ был использован профиль Eppler 1230, на ПГО – GU25-5(11)8, а в дальнейшем на ПГО применяли профиль Ronsz R1145MS с более высокими аэродинамическими характеристиками. Двухместная кабина Long-EZ была к тому же и шире по сравнению с одноместной кабиной предшественника. С двигателем Lycoming O-245 мощностью 115 л.с. этот самолет летал немного быстрее по сравнению с VariEze, но дальность его полета была более чем в два раза выше по сравнению с предшественником и превышала 3200 км! Средний расход топлива составлял при



Первые покупатели VariEze

фото Rutan Aircraft Factory

этом около 7 л/100 км и позволял находиться в воздухе без посадки более 9 часов, а некоторые пилоты держались в воздухе до 14 часов. Такие характеристики позволили некоторым пилотам пролетать без посадки на Long-EZ с дополнительным топливном баком, установленным на месте пассажира, 7700 км. Несколько пилотов совершили на Long-EZ кругосветные путешествия («АОН» №12'2000). Особенностью управления самолетом была боковая ручка, установленная справа

по борту на подлокотнике, кресло пилота, позволяющее ему находиться в полете почти лежа, воздушные тормоза на крыле. Кроме того, винглеты можно было одновременно поворачивать наружу, используя так же, как воздушный тормоз. Все вместе сделало самолет одной из самых популярных «уток». По состоянию на 2005 г. в США было зарегистрировано около 700 Long-EZ.

В ряду аналогичных VariEze самолетов можно назвать еще два,



VariEze (убрана передняя стойка)



Впереди большие перспективы (фото Rutan Aircraft Factory)

«УТКИ» РУТАНА

Фото Сергея Рябцева

в разработке которых участвовал Берт Рутан (фото на стр. 26).

Это одноместный Microlight #97, разработанный по инициативе английской автомобильной компании Group Lotus. В формировании облика самолета активное участие принял один из совладельцев этой компании Colin Charman, который был намерен продавать эти самолеты в Великобритании и других европейских странах. Одной из особенностей самолета было применение двух двухтактных моторов KFM 109 ER мощностью по 23 л.с.

сотрудник Group Lotus, стал одним из успешных продавцов самолетов Berkut 360, представляющих собой модификацию Long-EZ.

Еще одна «утка», SM-44 Model #144, была разработана по заказу компании California Microwave, Inc для исследования пилотируемого/беспилотного самолета-разведчика. К тому времени уже был опыт использования Long-EZ в качестве самолета-разведчика. В Fort Lewis один из самолетов был оборудован для имитации крылатых ракет и беспилотников, получив название

его компания Scaled Composites на этом этапе не участвовали в разработке. В процессе исследований было решено увеличить грузоподъемность и высотность БПЛА. Для этого выбрали двигатель Lycoming TIO-360-C мощностью 282 л.с. с турбонаддувом, выделили место в ангаре 13 на аэродроме Мохаве. В разработке SM-44 приняли участие сотрудники компании Рутана, которым была поставлена задача масштабировать Long-EZ так, чтобы на месте пассажира можно было разместить больше аппаратуры или двух

Фото Сергея Рябцева



Defiant Homebuilt #40, RAF

Фото Сергея Рябцева

Фото Сергея Рябцева



Long-EZ Homebuilt #61, RAF

Фото Сергея Рябцева

Самолет впервые взлетел в декабре 1982 г. в одноместной компоновке, хотя Шарман настаивал на разработке двухместной «утки». Проект не получил дальнейшего развития в связи с тем, что Colin Charman умер за день до первого взлета самолета. В 1988 г. Microlight #97 вернули в США, но вскоре после этого он попал в катастрофу. Несмотря на печальную судьбу самолета, история имела интересное продолжение. Glenn Waters, бывший

Monkey Green. Кроме того, по программе Autonomous Unmanned Reconnaissance Aircraft (Автономный беспилотный самолет-разведчик, AURA) к тому времени уже использовали отдельные сверхлегкие самолеты, например, Cozy Mark IVs. Два сотрудника California Microwave, Боб Каннингем (Bob Cunningham) и Топу Hoskins, на базе собственного Long-EZ Боба Каннингема начали испытания его как платформы для беспилотника SM-30. Ни Рутан, ни

пассажира. Первый полет состоялся 27 февраля 1987 г. на аэродроме Мохаве, а затем самолет перегнали на базу ВВС в Сакраменто, где продолжили работы по проекту. На определенном этапе к разработке подключился еще один известный американский конструктор Мартин Холльманн (Martin Hollmann), перед которым была поставлена задача уменьшить рыскание на взлете и виражах. Методом присоединенных вихрей были определены новые аз-

родинамические формы самолета, разработан новый профиль ПГО. В результате были созданы следующие модификации CM-44A, CM-44B и CM-46. CM-44 был сертифицирован в феврале 1997 г., но программа была закрыта по решению президента California Microwave. Самолет был продан частному владельцу, в 2006 г. он был вновь выставлен на продажу по цене 150 тыс. долл. Исследования CM-46, перепроектированного Хольманном, какое-то время финансировали из госбюджета,

и продолжают выпускать в разных странах как развитие этого удачного проекта. Фирма Cozy – Classic/RG, E-Racer Mk-1, CozyJet, AURA; компания Velocity – 173, Elite, SE, SE RG, XL-5, Vz-11, VJet 900; Berkut – 360, 540, Super Berkut 540, Berkut Jet; Proxy – SkyWatcher, Sky Raider, а также отдельные проекты Stagger EZ, Two-Easy, SQ2000, Rotor-EZ, Dart, Gemini, беспилотный Dominator UAV и др. Все они и более 1500 построенных и введенных в эксплуатацию само-

разработан по контракту с Beech Aircraft Corporation (сейчас Hawker Beechcraft).

Компания начала в 1979 г. с анализа перспектив линейки двухмоторных самолетов King Air, летно-технические характеристики которых уже не удовлетворяли заказчиков. В результате была сформирована концепция двухдвигательной турбовинтовой «утки». В январе 1980 года был разработан концептуальный проект Preliminary Design 330 (PD-330), а 25 августа 1982 г. заключен

Фото Scaled Composites



Microlight #97 Lotus Motors, SC, январь 1983



Фото Scaled Composites

Фото Scaled Composites



CM-44 #144 Calif Microwave, SC, февраль 1987



Фото Scaled Composites

но по оценкам некоторых экспертов самолет не оправдал возлагаемых на него надежд. Возможно, это тот случай, который подтверждает, что концепцию самолета, предложенного одним конструктором, должен реализовывать он и никто другой.

Завершая обзор одно-четырёхместных «уток» Рутана, которые логично объединить в семейство VariEze, необходимо хотя бы перечислить самолеты подобной компоновки, которые выпускали

летов подтверждают популярность компоновки, впервые предложенной Рутаном.

Если RAF в основном занималась разработкой наборов для homebuilt, то ее преемница Scaled Composites начала выполнять заказы авиастроительных компаний, занятых разработкой и производством сертифицированных самолетов. Пожалуй, самым крупным проектом самолета-утки стал Starship-1, который был

контракт между Beechcraft и Scaled Composites, по которому компания Рутана должна была проверить концепцию на опытном образце демонстраторе. Берту в то время только исполнилось 39 лет.

Scaled Composites внесла в проект существенные изменения. В частности, крыло самолета приобрело переменную стреловидность. Через 20 месяцев, в августе 1983 г. взлетел опытный экземпляр. Он имел негерметичную кабину, анало-

«УТКИ» РУТАНА

говые приборы и многим отличался от будущей серийной конструкции. Основная задача демонстратора заключалась в подтверждении концепции, поэтому самолет утилизировали, когда эта задача была решена.

Starship 1 был во многом революционным проектом в области бизнес-авиации и гражданского самолетостроения.

Прежде всего, впервые в этой области разработали «утку» с двумя турбовинтовыми двигателями и толкающими винтами. Двигатели расположили за пассажирским салоном близко к фюзеляжу, чтобы свести к минимуму моменты от

улучшить его срывные характеристики, но и применить профиль с большой строительной высотой, что позволило брать на борт большой запас топлива. В сочетании с минимальным аэродинамическим сопротивлением и экономичностью турбовинтовых двигателей самолет мог выполнять беспосадочные полеты на 2500 км и более.

Впервые в гражданском самолетостроении в конструкции широко применили углекомпозиаты и полностью «стеклянную» кабину – на приборной доске появились дисплеи Proline 4 AMS-850 фирмы Rockwell Collins. Практически при той же

под воздействием выхлопных газов. Поэтому после проведения специальных исследований в Starship 2000A были доработаны выхлопная система, поверхность крыла перед двигателями, шумоизоляция, увеличен на 117 л запас топлива. В результате не только снизили шум, но и уменьшили скорость сваливания, что позволило самолету взлетать с более коротких полос. Однако в целом производство самолетов было довольно быстро прекращено. Первый серийный самолет взлетел 25 апреля 1989 г., а в 1995 г. производство Starship 2000/2000A прекратили. Всего было построено



Starship #115 Beechcraft, SC, август 1983

разности тяг в случае отключения одного из двигателей. Такая компоновка призвана была уменьшить шум в салоне и улучшить обзор из пилотской кабины. Самолет с экономичными турбовинтовыми двигателями приобретал качества турбореактивного джета.

Для управления по курсу служили винглеты, расположенные на законцовках крыла, и небольшой киль, расположенный под фюзеляжем между двигателями. Наплывы в корне крыла позволили не только

взлетной массе, что и King Air 350, Starship 2000 имел больший по размерам салон.

Программа создания самолета Starship обошлась компании Beechcraft в 300 млн. долл. США. В процессе разработки выяснилось, что углекомпонитный фюзеляж оказался тяжелее, чем первоначально рассчитывали. На первых самолетах Starship 2000 внешний шум оказался также выше, чем ожидалось, из-за того, что толкающие винты работали в турбулентном потоке

24 борта, к 2010 г. в эксплуатации находилось 9 машин. В 2003 году Beechcraft посчитала слишком дорогой поддержку в эксплуатации такого небольшого флота, а год спустя корпорация Raytheon, к которой в то время принадлежала Hawker Beechcraft, продала всю оснастку и агрегаты Starship. Некоторые самолеты компания Evergreen Air Center продавала в агрегатах по 50 тысяч долларов для сборки из кит-наборов турбовинтовых самолетов Epic. Часть самолетов попала в музеи,

как минимум один использовался одним из авиационных колледжей как стенд для обучения обслуживанию авиационной техники.

Проблемы Starship 2000 можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, самолет оказался слишком необычным, во время его создания проверялось слишком много новых решений (новая аэродинамическая компоновка, новые материалы, технология и авионика). В итоге затраты на разработку оказались намного больше, чем планировалось первоначально. Запуск самолетов в эксплуатацию совпал с периодом спада в экономике и введением более жестких законов. В частности, из-за того, что в конце 90-х годов в США был принят налог на роскошь, цены самолетов оказались слишком высокими для массового спроса. Компания даже предлагала их в аренду на два года. Так или иначе, Starship стал поистине космическим аппаратом в бизнес-авиации, основные клиенты которой всегда консервативны. Может быть, «звездный корабль» был слишком далек от них?

Работы по проекту Starship нашли продолжение в разработке турбореактивного Triumph #143, который также финансировала в 80-х годах Beechcraft. Но этот самолет относится к другой аэродинамической схеме (с тремя несущими поверхностями), поэтому речь о нем пойдет в следующей статье.

80-е годы для Рутана были, очевидно, одними из самых напряженных. В первое свое десятилетие конструкторской деятельности он заложил базу для развития, которая в последующем позволила реализовать себя и небольшую группу сотрудников (в RAF долгое время работало всего четыре человека).

Давней мечтой Берта было спроектировать планер, поскольку характеристики любого планера в наибольшей степени определяются аэродинамикой, к которой Рутан не только проявлял повышенный интерес. Такая возможность представилась в конце 1980 года. К этому времени Американское сообщество парителей (SSA – Soaring Society of America) объявило конкурс на

одноместный мотопланер, который должен был отвечать необычным требованиям. Во-первых, он должен был самостоятельно, без помощи буксировщика и аэродромных средств, взлетать, иметь возможность запускать двигатель в воздухе. Во-вторых, для его пилотирования



Beechcraft 2000 Starship 1

не должна требоваться лицензия пилота планера, которую в то время получить было сложнее, чем лицензию PPL. В-третьих, мотопланер должен иметь максимально близкие к планеру характеристики. При всей логичности этих требований выполнить их было непросто. В конкурсе участвовало около 50 проектов, но выиграл его Solitaire (модель #77 для домашней сборки) Рутана. Мотопланер впервые взлетел в мае 1982 г., когда в разгаре были работы по проектам Starship 1, Defiant, Microlight, был пик производства наборов VariEze и Long-EZ.

«Пасьянс» (Solitaire) внешне заметно отличался от предыдущих «уток» Рутана. Это стало возможным благодаря оригинальному размещению двигателя. Двухтактный KFM 107E мощностью 23 л.с. располагался в специальном отсеке в носовой части мотопланера. Рутан не сразу сделал выбор двигателя, рассмотрев возможности силовых установок с двигателями ZENOAH и Robin, но эти моторы не удовлетворили его.

Большую часть парящего полета двигатель находился внутри отсека, закрытого створками. На старте или в моторном полете створки отсека открывались, а двигатель на специальной раме выходил в поток с помощью электрогидравлического привода. Для запуска двухтактного мотора использовался электростартер. В такой силовой установке тягу создавал более эффективный тянущий, а не толкающий воздушный винт. Небольшие размеры и масса двигателя позволяли размещать его в носовой части, в то время как сегодня на большинстве мотопланеров подобной компоновки более мощные и массивные двигатели располагают ближе к центру масс за пилотской кабиной. В Solitaire в центре масс располагался пилот.

Отказ от толкающего винта позволил использовать обычный киль, удаленный от центра масс на достаточном плече. Такая компоновка позволила использовать не стреловидное, как на большинстве «уток», а прямое крыло большого удлинения размахом 12,7 м (в корне использовался профиль Roncz

517, затем Roncz 515) и добиться аэродинамического качества 32 в планерной конфигурации на скорости 93 км/ч. Минимальная скорость планирования составляла всего 0,75 м/с. Для управления по тангажу Рутан использовал прямое ПГО большого удлинения, хорошо зарекомендовавшее себя в его предыдущих «утках».

Отличительной особенностью мотопланера была мощная механизация задней кромки крыла, которая позволяла на взлете значительно увеличивать подъемную силу, а на глиссаде создавала дополнительное сопротивление. В результате сочетания «утки» с мощной механизацией крыла (редкое сочетание), управление мотопланером на взлетно-посадочных режимах мало отличалось от управления обычным сверхлегким самолетом: глиссада была достаточно крутой, Solitaire можно было эксплуатировать с небольших площадок. Эти особенности управления приняли не все пилоты. В частности, во время тестовых полетов на Solitaire в сентябре 1982 г. пилоты Einar Enevoldson и Walt Moonie отметили, что ПГО делает посадку более сложной. И все же в сравнительных полетах Solitaire и Schweizer I-36, которые выполнили Enevoldson и Moonie, судьи конкурса признали победителем мотопланер Рутана. Позже Herb Abrams, один из первых владельцев мотопланера, также очень высоко оценил летные характеристики и легкость управления Solitaire.

Новизна отмечена и в технологии производства Solitaire. Фюзеляж мотопланера склеивали из двух половин, изготовленных в матрицах из препрегов. В крыле использовали S-образные лонжероны. В конструкции применяли однонаправленные стеклопластики, трехслойные панели с сотовым наполнителем Nomex, хорошо освоенные в производстве самолетов Рутана. Агрегаты, подготовленные к полимеризации наполнителя, помещали в вакуумных мешках в печь. Сегодня это широко распространенная технология производства композитных конструкций, которую в то время только начинали применять.

В итоге трудоемкость сборки Solitaire составляла около 400 часов, а комплект агрегатов и деталей стоил 7–8 тысяч долларов США.

Несмотря на это было построено



Solitaire Homebuilt #77, SC, май 1982

всего восемь мотопланеров. Один из них собрал Robert Matheny из San Diego за два года и три месяца. Его планер выполнил первый полет в декабре 1985 г., а в 1986 г. Роберт передал свой планер в дар музею EAA AirVenture, где он и хранится до сих пор. Однако кроме симпатиков Solitaire нашлись и недоброжелатели. Негативные отзывы о тест-полетах на этом мотопланере, опубликованные Эйнарсом Эневолдсоном (Einar Enevoldsen) и Мартой Бон-Мейер (Marta Bohn-Meyer) сыграли свою роль так же, как и иск против Рутана со стороны компании Microlight design. По общему признанию этот иск не был обоснованным, но кому-то из потенциальных покупателей помешало купить набор. Два фюзеляжа Solitaire в дальнейшем использовали модельщики при изготовлении ультралайтов Silhouette и Skyblazer во второй половине 80-х годов. Но эти самолеты никакого отношения к Рутану уже не имели.

Если Solitaire был, пожалуй, самой тихой «уткой» Рутана (минимальная скорость 59 км/ч), то его турбореактивный штурмовик ARES Light Attack был, безусловно, самой скоростной «уткой» Scaled Composites (максимальная скорость 763 км/ч).

Аббревиатура ARES расшифровывается как Agile Responsive Effective Support, что в произвольном переводе означает исключительно эффективную поддержку (имеется в виду поддержка наземных военных операций).

В начале 80-х годов в армии США прорабатывали концепцию Low Cost Battlefield (LCBAA) – низкобюджетного армейского штурмовика для поддержки наземных операций. К самолету предъявляли требования высокой маневренности на небольших высотах и мощной огневой поддержки. В качестве демонстратора предлагалось использовать Long-EZ. Основным вооружением штурмовика должна была стать скорострельная 30-мм пушка Гатлинга (Gatling), способная уничтожить с воздуха любую бронетанковую технику. В силовой установке вначале предполагалось использование турбовин-

фото Scaled Composites



фото Scaled Composites

фото Scaled Composites



фото Scaled Composites

ARES Light Attack #151, SC, февраль 1990

тового двигателя с толкающим винтом. Однако в дальнейшем от него отказались, посчитав воздушный винт слишком уязвимым в жестких условиях полевой эксплуатации.

Пентагон предложил Scaled Composites разработать и построить демонстратор за собственный счет, и Рутан принял это условие. Самолет был спроектирован «вокруг» пушки Гатлинга по уже проверенной схеме «утка», но с близко расположенным ПГО и турбореактивным двигателем Pratt & Whitney Canada JT15D-5. В отличие от предыдущих «уток» ARES Light Attack был низкопланом с двумя киями, вынесенными за крыло на двух балках. Самолет был очень необычным. Пожалуй, впервые Рутан отказался от симметрии в конструкции ради достижения полезных эффектов. Например, чтобы исключить влияние пороховых газов при стрельбе на работу двигателя, он расположил воздухозаборник по правому борту, а пушку – по левому. Фюзеляж рядом со срезом ствола пушки имел специальное углубление, которое должно было принимать на себя давление пороховых

газов, результирующая сила от которого проходила очень близко к центру масс и позволяла исключить влияние газов на динамику полета, что наблюдалось в штурмовиках A-10. ПГО размахом 5,85 м было установлено под углом 7° за пилотской кабиной и располагалось над наплывом крыла (стреловидность 49°), консольная часть крыла имела стреловидность всего 16°. Для управления использованы обычные элероны, рули и закрылки. Проводка электромеханическая, дублированная. Состав пилотажного оборудования был близок к F-16. Особое внимание было уделено топливной системе: питание осуществлялось из расходного бака в фюзеляже, крыльевые баки были бронированы и имели мощную противопожарную систему. Подача топлива из крыльевых баков в расходный бак осуществлялась автоматически и не отвлекала пилота. Между кабиной и расходным баком было достаточно места для монтажа дополнительного оборудования или боекомплекта, который можно было также размещать и на пилонах под крылом.

Самолет был очень маневренным (скорость разворота 32°/с при перегрузке +6 и 36°/с при перегрузке +7), имел большой диапазон скоростей (144–763 км/ч), большую дальность полета (2200 км) и высокий ресурс. Самолет взлетел 19 февраля 1990 г. и в течение года выполнил 125 полетов общей продолжительностью 180 часов, подтвердив в испытаниях заявленные характеристики. Однако в дальнейшем программа LCBAА не имела развития, ARES Light Attack не был принят на вооружение, а его единственный экземпляр хранится в компании Scaled Composites. Однако самолет видели миллионы людей во всем мире, так как он снимался в фильме «Железный Орел III» (Iron Eagle III) в качестве мифического немецкого истребителя времен Второй Мировой войны Me-263.

(продолжение следует)

Сергей Арасланов,
фото Сергея Рябцева и
Scaled Composites

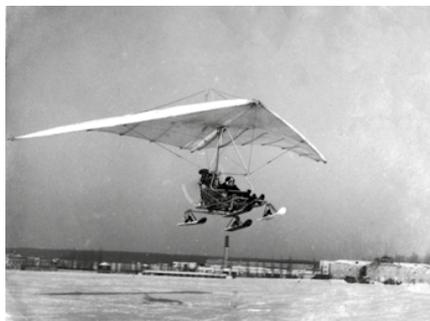
«УТКИ» РУТАНА



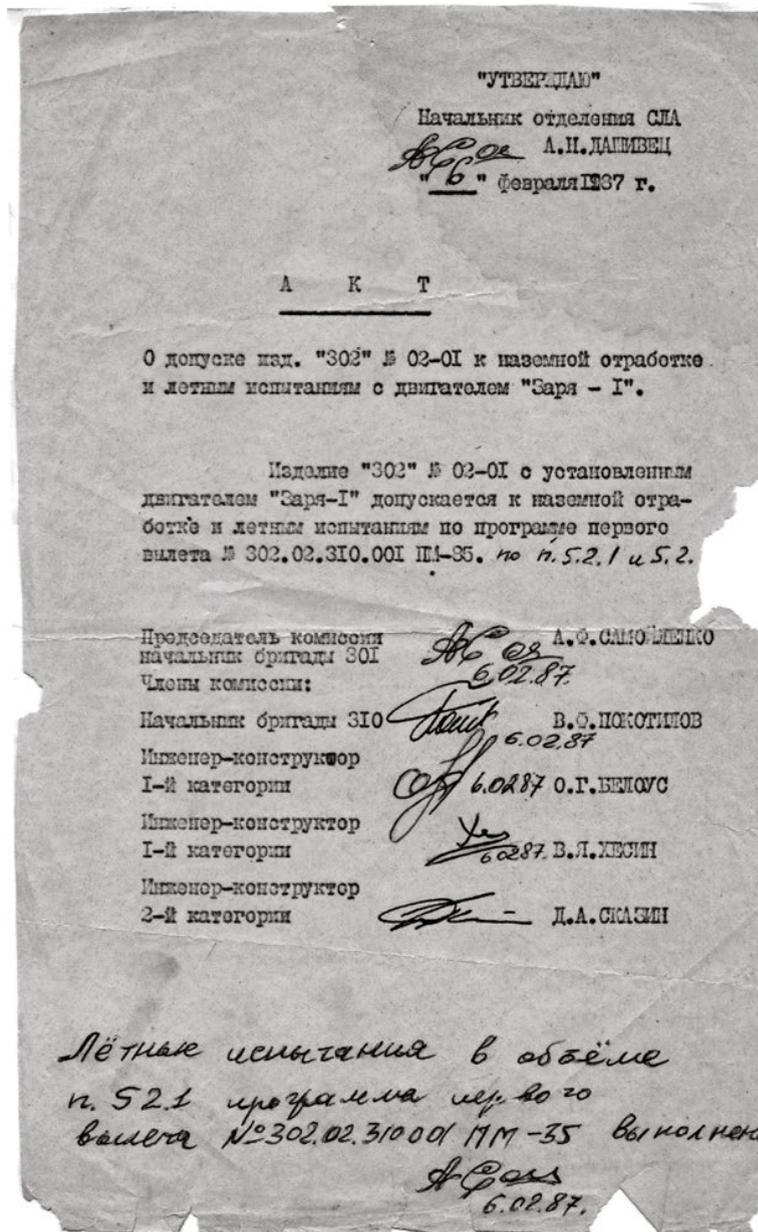
Удивительные истории происходят иногда с героями публикаций в «АОН». Об одной из них речь пойдет в статье, которая продолжает серию «Двигатели Фролова» («АОН» №№10'2013, 10'2014).

Тем, кто не читал эти статьи, поясню – речь идет о двигателях внутреннего сгорания (ДВС) николаевского изобретателя Виталия Фролова, в основе которого лежит его know-how – шарнирный механизм Фролова (ШМФ). Говоря конкретно, в конструкции этих ДВС нет кривошипно-шатунного механизма, и это позволяет получить целый ряд преимуществ по сравнению с традиционными двигателями:

- уменьшить механические потери и повысить коэффициент полезного действия и моторесурс;
- уменьшить габариты двигателя, удельную массу, расход топлива;
- проще организовать рабочий процесс и повысить литровую мощность двигателя;
- использовать модульный принцип при сборке секционных конструкций, что позволяет унифицировать детали и агрегаты двигателей различной мощности;
- создавать с использованием ШМФ бензиновые, дизельные двигатели, паровые машины, компрессорные насосы и пр.



Летные испытания двигателя «Заря-1» (1987 г.)



Страницы истории двигателя

Статья в «АОН» №10'2013 завершилась сообщением о том, что разработка КБ «Двигатели Фролова» Николаевского политехнического института в 2012 г. была представлена делегации Кабинета Министров Украины во главе с премьером Н. Азаровым. А в конце статьи поставлен вопрос: «Но дождутся ли авиаторы таких времен, когда эти прекрасные разработки появятся в серии?»

Один из постоянных читателей «АОН», дельтапланерист со стажем Вячеслав Антропов не стал ждать и после публикаций в журнале связался с конструктором, предложив запустить двигатели в производство в Куйбышеве Новосибирской области. Получив согласие Виталия Константиновича, Вячеслав обратился с предложением в министерство экономического развития области, однако переписка с чиновниками затянулась, как водится, и ни к чему пока не привела. Обычная история, которая за годы творческой деятельности Виталия Константиновича повторялась не единожды.

Идея бесшатунного двигателя внутреннего сгорания, предложенная впервые С.С. Баландиным, увлекла Фролова еще в 1973 г. Он поставил перед собой цель усовершенствовать схему, добившись более простой механики, уменьшения габаритов и снижения расхода топлива. В то время мастер спорта СССР Виталий Фролов работал инженером по спортивным мотоциклам и автомобилям. Уже через год он спроектировал на заводе «Индуктор» в Ивано-Франковской области свой первый роторно-лопастный двигатель. Затем была служба в армии, новые изобретения, учеба и дипломная работа в 1986 г. по теме «Бесшатунный двигатель». На базе этого проекта в 1987 г. был сконструирован оппозитный двигатель «Заря-1», который получил поддержку на самых высоких в то время уровнях: со стороны руководства области, Госкомитета по делам изобретений и Министерства обороны. В том же году двигатель «Заря-1» стал серебряным лауреатом ВДНХ СССР, был продемонстрирован на Всесоюзном конкурсе СЛА в Тушино и включен в Государственную программу развития народного хозяйства СССР.

В Москве был утвержден заказ на изготовление 300 моторов для сверхлегкой авиации после летных испытаний двигателя на мотоделтапланах в отделении СЛА АНТК им. О.К. Антонова. О двигателе начали писать в известных журналах «Крылья Родины» (№8'1987), «Изобретатель и Рационализатор» (№1'1988 и №10'1988), «Наука и Жизнь» (№9'1988), «Моделист Конструктор» (№11-12'1989). Однако Союз развалился, а планы производства двигателя «Заря-1» остались в истории.

С тех пор Виталий Фролов стал автором многих новых разработок различных двигателей, их агрегатов и систем, о чем уместней написать в отдельной статье. Здесь же замечу, что большинство из них защищены авторскими свидетельствами СССР,

а также патентами Украины, России и Беларуси или находятся в стадии рассмотрения заявок.

Пишу об этом в связи с неожиданным продолжением истории разработки двигателей с ШМФ. В октябре мне позвонил Фролов и предложил заглянуть на сайт <http://www.adgex.ru/> компании Advanced Geoscience Solutions Ltd из Санкт-Петербурга. В разделе «Инжиниринг» (на сайте он озаглавлен «Инжениринг») первое, что бросилось в глаза – очень знакомое фото оппозита с характерными сварными выхлопной трубой и глушителем. Да это же двигатель Фролова! Первое желание поздравить конструктора очень быстро сменилось удивлением. В разделе «Новости» сайта 19 сентября 2015 г. было опубликовано короткое сообщение, которое я про-



На испытаниях нового четырехтактного двигателя

цитирую целиком, сохраняя орфографию и пунктуацию:

– Adgex Limited имеет честь объявить, что подразделение Adgex Drive завершило программу испытаний двигателя внутреннего сгорания нового поколения. Мы рады сообщить, что являемся разработчиками новой кинематической схемы для ДВС.

Наш первенец – авиационный двигатель Зенит – двухтактный двухцилиндровый двигатель, способный выдавать более 20000 об/мин, развивая мощность до 200 л.с.

Технический Президент Adgex Drive, Алексей Драганюк, сообщил, что была завершена программа стендовых испытаний двигателей, которая показала отличные запланированные результаты. Рабочий эксплуатационный диапазон двигателя – от 12 до 16800 об. при мощности 175 л.с. Также следует принимать во внимание его малый расход топлива.

Уникальность конструкции позволяет при смене блоков головок цилиндров эксплуатировать двигатель с сохранением эксплуатационных параметров, используя как керосин, так и авиационное топливо. Отсутствие потерь при эксплуатации двигателя с использованием разных головок цилиндров было доказано специальными проводимыми испытаниями.

Управляющий Директор Adgex Ltd., Виктор Узлов, добавил, что двигатель Зенит является базовым продуктом Компании, и Adgex Drive запускает программу подготовки к серийному производству с последующим выпуском на рынок в самое ближайшее время. Уникальность конструкции двигателя позволяет комбинировать его с асинхронным генератором переменного тока, что позволяет минимизировать размеры электростанций.

Наш двигатель Зенит является продуктом двойного назначения. Его прямое использование непосредственно связано с эксплуатацией в авиационной технике, а второстепенное – использование в качестве двигателя для мобильных электростанций.

По предварительным характеристикам, эксплуатационные качества данного двигателя превосходят

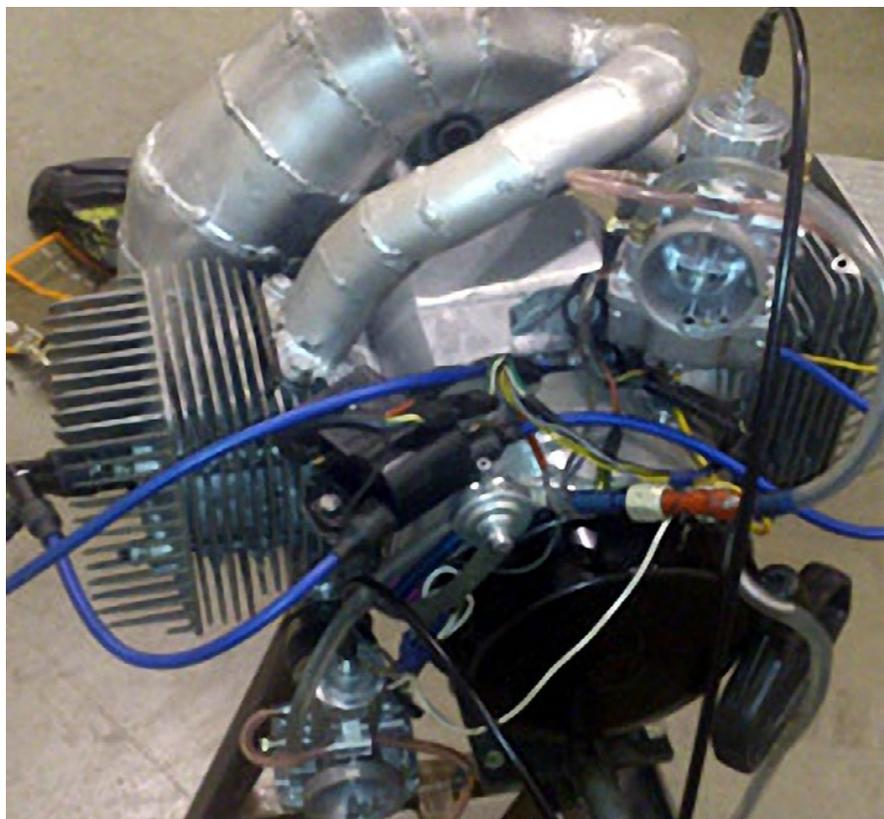


Фото двигателя на сайте <http://www.adgex.ru/>



Двигатель в КБ «Двигатели Фролова»

параметры любых других двигателей в данном классе.

Ни больше не меньше: компания имеет честь сообщить о том, что она является разработчиком новой кинематической схемы... Виталия Фролова.

Учитывая сообщение о том, что подразделение Adgex Drive «запускает программу подготовки к серийному производству с последующим выпу-

ском на рынок в самое ближайшее время», звоню Виталию Константиновичу. Прошу рассказать, как ему удалось приблизиться к осуществлению давней мечты о серийном производстве его моторов и разъяснить, почему компания Adgex Ltd. ни словом не упомянула о Фролове.

– Двигатель, фотография которого опубликована на сайте Adgex Ltd, – рассказал по телефону Виталий



Пневмодвигатель Фролова



Автокар с пневмодвигателем Фролова

Константинович, – давняя дипломная работа моего студента Владимира Якимова (автора статьи в «АОН» №10'2013, ныне генерального директора ООО «Авиа Сич» в Киеве – Ред.). Сам двигатель мы отправили несколько лет назад в Симферополь для испытаний на стенде. Владелец стенда весной нынешнего года показал мотор Виктору Узлову, управляющему директору Adgex Ltd, который и забрал двигатель в Санкт-Петербург. Там провели испытания и решили запускать его в производство. Я об этом узнал от знакомого, который нашел информацию на сайте. Позвонил в Симферополь, попросил объясниться. Вместо ответа крымчанин что-то промямлил, что они готовы дать денежную компенсацию за моральный ущерб, но этим все и закончилось.

Когда я задумал опубликовать этот материал, один мой знакомый отговаривал меня, дескать, журнал научно-технический, а статья, по сути, имеет политический оттенок. Да Бог с вами! Никакой политики, обычный криминал: группа лиц похитила чужое имущество и незаконно присвоила себе права на него, злоупотребив доверием собственника. Кроме того, собирается извлекать из этого прибыль, запустив двигатель в серийное производство и оценив, что «данный продукт будет иметь большой потенциал на мировом рынке» (цитирую сообщение с сайта).

Открываем Уголовный Кодекс РФ, ст. 195, п. 4 «Мошенничество, совершенное организованной группой либо в особо крупном размере, – наказывается лишением свободы на срок до десяти лет со штрафом в размере до одного миллиона рублей или в размере заработной платы или

иного дохода осужденного за период до трех лет либо без такового и с ограничением свободы на срок до двух лет либо без такового (в ред. Федеральных законов от 27.12.2009 N 377-ФЗ, от 07.03.2011 N 26-ФЗ)».

В Уголовном Кодексе Украины есть аналогичная ст. 190, п. 4 «Мошенничество, совершенное в особо крупных размерах или организованной группой, – наказывается лишением свободы на срок от пяти до двенадцати лет с конфискацией имущества».

Впрочем, я не юрист, возможно, специалисты квалифицируют деяния руководителей компании Adgex Ltd. иначе. Тем более что презумпцию невиновности никто не отменял – состав преступления возможен, но не доказан, и лишь суд может вынести окончательный вердикт о виновности. Но для того, чтобы в судебном порядке отстаивать свои права, надо хотя бы возбудить иск, что в нынешних условиях сделать сложно.

Конечно, есть шанс, что права на интеллектуальную собственность и опытный образец двигателя можно урегулировать в досудебном порядке путем заключения договоров, поскольку «основная цель совета директоров (компании ADGEX – Ред.) – это ... ориентированное на перспективу отношение к клиентам и партнерам, и создание образа компании с безупречной репутацией» (цитата с сайта). Хотя шанс сегодня призрачный: чужой пример заразителен, и в российской компании, вероятней всего, будут повторять мантру «Двигатель НАШ».

А пока в Санкт-Петербурге разрабатывают масштабные планы запуска в производство «в самое ближайшее время» двухтактного двухцилиндрово-

го оппозита мощностью 175 л.с., в николаевском КБ «Двигатели Фролова» Виталий Константинович не сидит без дела. Он завершает испытания четырехтактного двигателя, предлагает различным учреждениям экологически чистые пневмодвигатели, работающие на сжатом воздухе, роторно-поршневые машины, двигатели внешнего сгорания, силовые установки, работающие на автотермии. Годы проходят, растет список предприятий, которым предлагалось внедрить разработки талантливого моториста: Николаевский Южный турбинный завод, ЗМКБ «Прогресс» ... Увы.

Фролов даже рад, в какой-то степени, что его мотор испытан и, независимо от конструктора, перспективам его двигателя с ШМФ дана высокая оценка. Только вот произошло это как-то дико и некрасиво.

Конечно, изобретатель должен изобретать, работать творчески, а не рядиться в судах. Тем более что защиту его прав взяли на себя государства, где патенты защищены. В Украине это Государственный департамент интеллектуальной собственности, который еще в 2003 году проявил инициативу защищать изобретения Фролова. Но с тех пор много воды утекло. И глядя на пример старшего поколения, молодежь или не стремится продолжать его дела, или уезжает в страны, где интеллектуальную собственность принято защищать.

Вот такая вот история без окончания... Так кто еще заявит: «Двигатель НАШ». Чей, чей?

Сергей Арасланов



АОП

ЛИК «РОТОРФЛАЙ»

27 ноября состоялось официальное открытие летно-испытательного комплекса (ЛИК) и площадки АОН ООО «Роторфлай», расположенных в 7 км юго-западнее города Кумертау и в 3 км западнее села Ермолаево Республики Башкортостан.

Выбор места predetermined – здесь находится конструкторское бюро «Ротор», известное своими ультралайтами «Птенец-2» и вертолетом P-30 Rotorfly, и созданное специально для производства этих вертолетов ООО «Роторфлай». Она и является основным эксплуатантом нового ЛИКа.

Церемония открытия ЛИКа и площадки прошла в русско-башкирских традициях. Почетных гостей встречали под национальные звуки курая хлебом-солью и народными танцами. Среди гостей можно отметить представителей холдинга «Вертолеты России» и инвесторов – представителей делегации из Китая, включая председателя правления холдинговой компании DEA General Aviation Holdings, а также первого директора Electro International Investment Holdings господина Джонатана Чу и генерального директора холдинговой компании DEA General Aviation мистера Ванг.

Также были приглашены и учащиеся местных школ из г. Кумертау, так как инвесторы и владельцы площадки строят большие планы на будущее с немалыми капиталовложениями, и если получится их реализовать, то предприятию потребуются специалисты в области авиастроения.

Кстати, на открытие ЛИКа приехал и Виктор Митряну из Якутии. Этот человек – один из тех, кто эксплуатирует технику КБ «Ротор», причем в суровых климатических условиях.



В церемонии открытия участвовали инвесторы из Китая



Уникальный P-33 «Роторфлай»



В корпусах нового ЛИК есть все необходимое для работы и отдыха

Температура в Якутии зимой опускается до -45°C , а неприхотливому «Птенцу» и такие морозы не страшны. Кстати, именно Митряну на самолете «Птенец-2» совершил свой самый продолжительный перелет из Якутии в Румынию!

Господин Джонатан Чу отметил, что вертолеты Rotorfly – это успешная и перспективная техника. Российская разработка считается самой успешной в своем классе, и первоочередной задачей является производство и продажа вертолетов не только в России и Китае, но и во всем мире. Кроме того, инвесторы обещают в течение двух лет построить здесь завод по выпуску вертолетов Rotorfly для России и СНГ.

– Вертолет уникален благодаря своим характеристикам, – отметил главный конструктор ОКБ «Ротор» Виктор Хрибков, – Изобретению уже более 10 лет, и несмотря на небольшие размеры, машина очень экономичная, неприхотливая и, главное, надежная. В мире пока не существует соосных сверхлегких вертолетов, а среди уникальных характеристик можно отметить абсолютную аэро-

динамическую симметричность, всепогодность и неприхотливость к турбулентности. Также у вертолета самая высокая энергетическая и весовая отдача. Так, с двигателем 100 л.с., а используется там всем известный Rotax 912, вертолет способен поднять до трех человек. Специалисты из Германии, сделав замеры шума, признали этот верто-

лет самым бесшумным в мире!

Во время открытия ЛИК летали вертолеты P-30 и P-33 Rotorfly. О каждом из них в «АОН» написано достаточно много. Например, в «АОН» №4'2010 изложена подробная история разработки P-30, дано его техническое описание. В статье «Ротор раскручивается» («АОН» №7'2014) описан перелет из Кумертау в



Новое поколение сотрудников Rotorfly



В течение двух лет на базе ЛИК инвесторы планируют построить здесь завод по выпуску вертолетов P-33 Rotorfly: в воздухе P-33 и P-30

Стерлитамак вертолета P-30 (борт №4), рассказано об изменениях конструкции вертолета. В репортаже об авиасалоне в «АОН» №8'2015 приведено описание основных отличий вертолета P-33 от P-30. Напомню коротко о них: стал более современным экстерьер вертолета, кабина P-33 более совершенная по сравнению с предшественником, изменилась форма обтекателя силовой установки, вместо Rotax-912 используется Rotax-914. Изменилась конструкция шасси – появилась амортизация, установлены совершенно новые рессоры, увеличилась максимальная взлетная масса, изменилось расположение кресел КВС и второго пилота (пассажира), усовершенствована конструкция фермы кабины, изменилась приборная панель – ее центральным элементом стал многофункциональный дисплей комплекса Integra чешской компании TL Elektronik. Сегодня работы по совершенствованию конструкции и испытанию вертолета и его систем продолжают. Но на повестку дня выходит подготовка серийного производства. И вслед за вводом в строй производственных помещений они будут наполняться

технологическим оборудованием, оснасткой, сюда придут на работу новые специалисты.

Таким образом, ввод в строй летно-испытательного комплекса открывает новые возможности не только для совершенствования техники. ЛИК станет домом для воспитания новых конструкторов. На этом комплексе планируется организовать базу обучения и полеты всей сверхлегкой техники, созданной в КБ «Ротор» и ООО «Роторфлай». Впервые знакомиться с небом здесь будут не только новые самолеты и вертолеты, но и курсанты, так как на базе ЛИК откроется аэроклуб и авиашкола.

Главное здание аэродрома совмещено с ангаром для хранения техники. Причем одна секция ангара отделена от другой и полностью отапливается, в ней комфортно находиться даже без верхней одежды. Хранятся здесь вертолеты. В другой же секции располагается остальная техника, а это самолеты, дельталеты и гидроплан. На первом этаже главного здания будет располагаться уютное кафе, гардероб и туалеты, а на втором этаже – учебные классы, и пара комфортных номеров с туалетами и душевыми кабинами. В

летнее время планируется установка душевых на открытом воздухе.

Новый ЛИК – отличное место для пилотов, совершающих полеты по маршруту Оренбург-Уфа. С открытием ЛИК не обязательно выполнять длительный перелет, так как можно отдохнуть на новом аэродроме. ВПП размером 750x50 м имеет грунтовое покрытие направлением с севера на юг. В планах установка светотехнического оборудования.

В день открытия много теплых слов благодарности звучало в адрес главного конструктора Виктора Хрибкова, поскольку создание такого комплекса – это еще один значительный шаг в развитии авиации общего назначения не только на российском уровне, но и международном.

На следующий день закипела бурная жизнь нового аэродрома. Учебные полеты курсантов на вертолетах и самолетах. Курсанты, кстати, были из Китая и осваивали они вертолеты Rotorfly.

Иван Глазырин

СВЕРХЛЕГКИЙ СВВП



Статья ориентирована на руководителей кружков при авиационных учебных заведениях, которые хотели бы построить не очень сложный по конструкции летательный аппарат, чтобы объединить студентов и заинтересовать их будущей профессией. Для этого предлагается решить актуальную задачу – создать летательный аппарат, способный использовать для взлета и посадки небольшие площадки. Лучше всего для этих целей подходит самолет вертикального взлета и посадки.

Самолеты вертикального взлета и посадки (СВВП)

Проекты таких самолетов стали появляться в середине двадцатого века. Ружицкий Е.И. называет их вертолетами-самолетами и пишет о них в своей книге «Безаэродромная авиация» [1]. Там же он приводит следующее определение: «Вертолетами-самолетами называются

винтовые преобразуемые летательные аппараты, которые совершают взлет и посадку подобно вертолету, а при переходе к горизонтальному полету как бы преобразуются в самолет. За рубежом такие летательные аппараты называются конвертопланами (от английских слов convert – преобразовывать и plane – самолет). Добавим к конвертопланам еще автожиры-самолеты,

взлетающие прыжком, садящиеся на авторотации и в полете преобразуемые в самолет.

Курочкин Ф. П. называет летательные аппараты, не нуждающиеся во взлетно-посадочной полосе, но выполняющие полет, опираясь на несущую силу крыла, самолетами вертикального взлета и посадки (СВВП), и считает этот термин устоявшимся. Он приводит развитую



СВВП Rotodyne компании Fairey Aviation (Великобритания, 1957)

Таблица 1

Летно-технические характеристики СВВП Rotodyne

Характеристика	Ед. изм.	Значение
Экипаж	чел.	2
Вместимость	чел.	48 (72)
Длина	м	17,9
Высота	м	6,76
Диаметр ротора	м	27,4
Площадь, ометаемая винтом	м ²	591
Максимальная взлетная масса	кг	17000
Взлетная масса	кг	15000
Силовая установка:		
- на законцовках лопастей ротора	ТРД	4
- маршевая	ТВД	2xNapier Eland
Мощность ТВД	л.с.	2x2800
Максимальная скорость	км/ч	343
Дальность	км	830

классификацию СВВП [2], из которой нас интересуют только самолеты с несущим винтом. Самыми простыми с точки зрения технической реализации являются СВВП, представляющие собой крылатый автожир с прыжковым взлетом, опирающийся в полете, в основном, на крыло. Несколько сложнее в реализации СВВП с останавливаемым в полете несущим винтом, которые Курочкин Ф. П. считал весьма перспективными [2].

Наиболее ярким проектом СВВП с несущим винтом был Rotodyne. СВВП был оснащен четырехлопастным несущим винтом и коротким крылом самолетного типа, на котором были установлены два турбовинтовых двигателя с тянущими винтами. Привод несущего винта – реактивный за счет двигателей на концах лопастей, куда подавалось топливо и сжатый воздух от компрессора. Привод ротора использовался только для вертикального взлета, посадки и висения: на крейсерском режиме полета несущий винт вращался в режиме авторотации. Пропульсивную тягу в этом случае создавали тянущие воздушные винты. В описаниях Rotodyne указывается, что в полете 20% подъемной силы обеспечивает вращающийся несущий винт, а остальное дает крыло.

Несколько таких машин использовали в Париже для доставки авиапассажиров из городского аэровокзала в аэропорт.

Обратим внимание на то, что скорость этого СВВП выше, чем у вертолета.

Вертолетный взлет и висение требуют большой мощности двигателя, которая в остальное время не используется. Если отказаться от висения и заменить вертолетный взлет прыжковым, то потребная мощность двигателя СВВП может быть уменьшена вдвое.

В конце статьи вскрыта связь конструкции самолета вертикального взлета и посадки и автожира, взлетающего с места.

Летающий стенд

Устройство стенда

Как сделать сверхлегкий СВВП? Базовым может быть сверхлегкий

самолет с взлетной массой до 500 кг. Его крыло надо укоротить. Необходимо также компрессор сжатого воздуха.

Над центром тяжести самолета ставится кабан (в конструкции первых автожиров использовали четыре вертикально поставленные стальные трубки, но в рамках современных технологий достаточно двух).

На него устанавливается торсионная втулка несущего винта (сделанная, например, по образцу втулки Б.И. Половинкина [4]). Втулка позволяет менять общий шаг лопастей (ноль градусов – раскрутка, четыре градуса – полет, десять градусов – прыжковый взлет). Втулка должна быть снабжена тормозом для остановки вращения лопастей. При остановке лопасти устанавливаются на нулевом шаге по продольной оси самолета.

К втулке присоединяются две лопасти. Проще всего выгнуть их из алюминиевого листа. Внутри каждой лопасти проходит трубка для выдува из сопла на конце лопасти сжатого воздуха. На концах лопастей внутри помещаются грузы для увеличения центробежного момента.

Под втулкой привешивается устройство для раздачи сжатого воздуха. Его крышка вращается синхронно с втулкой. Из крышки выходят две трубки, которые

соединены с трубками в лопастях. Крышка соединена с корпусом раздаточного устройства через подшипник. Этот корпус неподвижен. Из него выведена трубка, к которой подсоединяется трубка от компрессора.

По команде пилота трубка компрессора может отсоединяться от трубки для подачи сжатого воздуха в раздаточное устройство.

Управление стендом

Взлет

Для взлета необходим компрессор.

Пилот ставит колеса самолета на тормоз, несущий винт – на нулевой шаг. Включает компрессор, и за счет воздуха, выходящего из сопел на концах лопастей, раскручивает несущий винт до высоких оборотов (обычно рекомендуется, чтобы они в полтора раза превышали полетные обороты).

Включает двигатель самолета и выводит его на полную мощность.

Далее:

а) отсоединяет трубку компрессора;

б) переводит лопасти на прыжковый шаг;

в) снимает колеса с тормоза.

Самолет выполняет прыжок и одновременно набирает горизонтальную скорость. К моменту завершения прыжка горизонталь-



Ультралайт «Птенец-2» (разработан ООО ОКБ «Ротор»)

ная скорость достаточна для полета самолета.

Пилот переводит несущий винт на полетный шаг.

Далее следует горизонтальный полет.

Посадка

Пилот уменьшает скорость самолета, добиваясь его парашютирования. Вращающийся несущий винт не даст самолету свалиться в штопор.

В полутора метрах от земли пилот переводит несущий винт на прыжковый шаг. Вращение несущего винта быстро замедляется, скорость самолета гасится до нуля и колеса самолета мягко касаются земли.



«Птенец-2»

Таблица 2

Летно-технические характеристики «Птенец-2»

Характеристика	Ед. изм.	Значение
Экипаж	чел.	2
Длина	м	6,45
Высота	м	2,3
Размах крыла	м	10,2
Средняя аэродинамическая хорда	м	1,25
База	м	1,86
Колея	м	1,6
Площадь крыла	м ²	12,7
Площадь ГО	м ²	1,9
Площадь ВО	м ²	1,2
Площадь фляперона	м ²	1,24
Плечо ГО	м	3,85
Плечо ВО	м	3,9
Диаметр ротора	м	27,4
Угол поперечного V	град.	1
Угол стабилизатора относ. крыла	град.	3,5
Высота кабины	м	1,2
Ширина кабины	м	0,98
Максимальная взлетная масса	кг	420
Масса конструкции, в том числе:	кг	230
Кабины	кг	83
Силовой установки	кг	64
Крыла	кг	56
Хвостового оперения	кг	17
Системы спасения	кг	10
Силовая установка:	кг	64
Масса топлива	кг	40
Объем топлива	л	50
Тип двигателя		Rotax-582
Мощность	л.с.	64
Диаметр воздушного винта	м	1,66
Максимально допустимая скорость	км/ч	170
Максимальная скорость	км/ч	150
Крейсерская скорость	км/ч	120
Посадочная (закрылок убран)	км/ч	65
Посадочная (закрылок выпущен)	км/ч	60
Скороподъемность	м/с	3,2
Длина разбега	м	70
Потолок	м	4500
Диапазон эксплуатац. перегрузок		+4/-2
Дальность	км	450

Пилот ставит колеса на тормоз.
Полет завершен.

Пилот переводит несущий винт на нулевой шаг и ставит его на тормоз.
Выключает двигатель.

Сверхлегкий самолет вертикального взлета и посадки

Устройство

На вал двигателя стендового само-

лета надевается редуктор, который будет раскручивать несущий винт самолета вместо компрессора. Двигатель соединяется с несущим винтом только на время раскрутки, исключительно на земле. При этом несущий винт забирает часть мощности двигателя (около 20–30%), остальная часть мощности уходит на раскручивание пропеллера, который придает самолету в полете горизонтальную скорость.

Устройство для раздачи сжатого воздуха демонтируется и вместо него к втулке подсоединяется выходной вал редуктора. Трубки внутри лопастей можно оставить, а сопла на концах лопастей заделываются. Компрессор для взлета самолета не используется.

Управление самолетом

Взлет

Пилот ставит колеса самолета на тормоз, включает двигатель и выводит его на полную мощность.

Раскручивает несущий винт до высоких оборотов на нулевом шаге.

Далее:

а) отключает несущий винт от двигателя, и вся мощность последнего уходит на вращение пропеллера;

б) переводит лопасти на прыжковый шаг;

в) снимает колеса с тормозов.

Самолет выполняет прыжок и одновременно набирает горизонтальную скорость. К моменту завершения прыжка горизонтальная скорость достаточна для полета самолета.

Пилот переводит несущий винт на полетный шаг. Далее следует горизонтальный полет.

Посадка

Пилот уменьшает скорость самолета, добиваясь его парашютирования. Вращающийся несущий винт не позволит самолету свалиться в штопор.

В полутора метрах от земли пилот переводит несущий винт на прыжковый шаг. Вращение несущего винта быстро замедляется, скорость гасится до нуля и колеса самолета мягко касаются земли. Пилот ставит колеса на тормоз.

Полет завершен.

Пилот переводит несущий винт на нулевой шаг и ставит его на тормоз. Выключает двигатель.

О модификациях самолета «Птенец-2» СВВП

Самолет «Птенец-2», неоднократно завоевывавший призы на российских и международных соревнованиях, широко известен в стране и за рубежом. В табл. 2 приведены его летно-технические характеристики.

Рассмотрим модификацию этого ультралайта в самолет вертикального взлета и посадки. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

- 1) укоротить крыло;
- 2) установить кабан;
- 3) смонтировать на кабан втулку несущего винта;
- 4) присоединить к втулке лопасти несущего винта;
- 5) подвесить под втулкой распределительное устройство для подачи сжатого воздуха в лопасти, если это летающий стенд, или редуктор для раскрутки лопастей для прыжкового взлета, если это полноценный СВВП;
- 6) организовать подсоединение компрессора.

Высота кабана должна соответствовать высоте установки втулки нижнего винта соосного вертолета.

Широкое крыло самолета экранирует существенную часть несущего винта, что уменьшит высоту прыжка. Для компенсации этого явления надо, чтобы диаметр несущего винта был на два-три метра больше, чем размах крыла. Для уменьшения вибраций лучше использовать четырехлопастный винт, т.е. торсионы положить крестом (как на вертолете «Ансат») и лопасти сделать примерно вдвое легче, чем на вертолете P-30 Rotorfly.

Автожир, взлетающий с места

Если у самолета «Птенец-2» СВВП полностью снять крыло, то получится автожир, взлетающий с места. Укажем на наиболее существенные узкие места этого летательного аппарата.

1. Из анализа прошлого опыта можно заметить, что оценка необходимой мощности двигателя по формуле Вельнера-Жуковского укажет на некоторую вялость команд пилота в исполнении этого летательного аппарата.

2. Ширина колеи несколько меньше расчетной, из-за чего возможно заваливание аппарата набок от порывов ветра на земле при взлете и посадке.

3. При полете с одним пилотом могут проявиться нарушения центровки.

Заключение

Путем нескольких преобразований мы превратили сверхлегкий самолет сначала в летающий стенд, а потом и в сверхлегкий самолет с вертикальным взлетом и посадкой.

Мы также показали, как можно этот же самолет преобразовать в автожир, взлетающий с места.

Описанная в статье конструкция немного сложнее, чем конструкция самолета и гораздо проще конструкции вертолета.

Обратим внимание на то, что особых ограничений конструкции базового самолета нет, и в работе фактически описано целое семейство самолетов с вертикальным взлетом и посадкой.

Игорь Солодников

Источники

1. Ружицкий Е. И. Безаэродромная авиация. – М.: ОборонГИЗ, 1959.
2. Курочкин Ф. П. Проектирование и конструирование самолетов с вертикальным взлетом и посадкой. – М.: Машиностроение, 1977.
3. Статья Fairey Rotodyne Википедия https://ru.wikipedia.org/wiki/Fairey_Rotodyne скачано 25-11-2015
4. Солодников И. Б. Тайна автожира. – Луцк: «Вэжа Друк», 2015.
5. Самолет «Птенец-2»/«Моделист-Конструктор». 2001, №5, 6.

От редактора

В выходных данных журнала присутствует фраза, на которую почти никто не обращает внимания: «Мнение редакции не всегда совпадает с мнением автора». Статья «Сверхлегкий СВВП» – именно тот случай, о котором редакция предупреждает читателей. Попробую конкретизировать, в чем есть разногласия.

Идея гибрида ультралайта и автожира, изложенная в статье, технически осуществима. В пользу такого утверждения автор приводит историю создания гибрида Rotodyne, построенного в Великобритании без малого шесть десятилетий назад.

Да, технически соединить в одном летательном аппарате особенности самолета и автожира вполне можно. Однако, для того чтобы судить о преимуществах гибрида, недостаточно общих рассуждений, приведенных в статье.

Начнем с ожидаемых выгод от такого объединения свойств ультралайта и автожира. Автор предлагает использовать новый гибрид как городской транспорт благодаря способности взлетать с ограниченных по размерам площадок за счет прыжкового взлета. Даже если закрыть глаза на то, что сегодня авиационные правила в большинстве стран вводят целый ряд ограничений на использование воздушного транспорта в черте города, например, разрешают летать только двухдвигательным вертолетам, надо признать, что для старта и посадки в городе любого, в том числе вертикально взлетающего летательного аппарата требуются посадочные площадки. Пусть это будут уже построенные вертолетные площадки, но за их использование надо платить. И сопоставляя возможности платы за пользование такой площадкой в городе владельцев деловых вертолетов, которые стоят несколько миллионов долларов, и владельцев ультралегких гибридов, можно представить себе, что владельцу ультралайта-автожира будет очень накладно платить за мобильность.

В чем преимущества ультралайта перед другими самолетами? Только в небольших расходах на приобретение и эксплуатацию. К этому можно добавить еще небольшие размеры площадок, с которых могут взлететь ультралайты. В остальном ультралайт проигрывает легкому самолету и вертолету: берет на борт одного-двух человек, летает недалеко и медленно, больше зависит от погодных условий, менее надежен. Насколько изменит эти свойства оборудование ультралайта для прыжкового взлета? Во-первых, усложнит его конструкцию и увеличит массу, следовательно, сделает гибрид дороже. Во-вторых, увеличит аэродинамическое сопротивление за счет установки несущего винта и систем его крепления, раскрутки и управления. Вполне вероятно, что потребуется более мощный двигатель, а все вместе поспособствует увеличению цены и стоимости эксплуатации гибрида по сравнению и с ультралайтом, и с автожиром. При этом комфорта не добавится. Есть вероятность, что небольшие пре-



Идея автожира с прыжковым взлетом «Ника-2»

имущества ультралайта перед другими аппаратами будут утрачены.

Почему бы не использовать автожир с прыжковым взлетом сам по себе? В своих предыдущих статьях автор приводит подробный обзор автожиров («АОН» №7'2010, 9-11'2012), из которого следует, что до сих пор создано всего несколько автожиров с прыжковым взлетом. В частности, американский CGD/T мог прыгать на 50 м. Но ни он, ни другие аппараты с прыжковым взлетом так и не получили распространения. Вероятно, причина в том, что прыжок – краткосрочный

переходный режим полета, во время которого сложно обеспечить управление аппаратом. Во всяком случае, не каждый пилот в состоянии сделать это. А как поведет себя гибрид, у которого к обычной конструкции автожира добавится еще крыло? Вряд ли сегодня кто-нибудь ответит на этот вопрос предметно.

Возможно, если бы автор выполнил хотя бы предварительные расчеты, которые подтвердили или опровергли бы его выводы, сомнений в преимуществах гибрида ультралайта и автожира осталось бы меньше. Но поскольку таких расчетов нет, вопросов возникает много. Насколько надо «укоротить» крыло, как рекомендует автор? Каким (диаметр, количество лопастей, их профиль) должен быть несущий винт? Достаточно ли будет мощности двигателя ультралайта, если часть ее будет расходоваться на преодоление большего сопротивления? Насколько изменится скорость, устойчивость и управляемость гибрида по сравнению с ультралайтом? Какой будет его стоимость?

На эти вопросы можно ответить по итогам специального исследования, хотя бы в курсовом или дипломном проекте студента или в разработке студенческого конструкторского бюро или авиационного кружка. Но к строительству гибрида без предварительных расчетов и исследований, в том числе и аэродинамических, приступать нельзя. В лучшем случае деньги будут потрачены напрасно, поскольку гибрид не сможет взлететь. В худшем случае пилот такого гибрида получит травмы.

Повторяю, сомнения мои возникли только по одной причине – в статье бездоказательно изложена техническая идея, которая требует хотя бы расчетного подтверждения.

Это не значит, что сама по себе идея не имеет смысла. Например, идея автожира «Ника-2» с прыжковым взлетом как средства городского транспорта, изложенная в «АОН» №7'2010, может получить конкретное воплощение. Но в виде одноместного вертолета, который разрабатывает японская компания Hirobo Electric Corporation. Но это тема другой статьи.



Макет одноместного электрического вертолета компании Hirobo Electric Corporation

ОТ ДРОНА К ПЕРСОНАЛЬНОМУ ВЕРТОЛЕТУ



Японская компания Hirobo Electric Corporation планирует выпустить первый в мире электрический пилотируемый одноместный вертолет Hirobo BIT на рынок уже в 2017 году. Силовой установкой вертолета является электродвигатель, который питается от аккумулятора. Одной зарядки аккумулятора хватит на 30 минут полета, и вертолет способен преодолеть за это время 90 км. Цена вертолета ожидается на уровне 240 тысяч долларов.

Первые сообщения об этом проекте датируются 2012 годом, когда Hirobo Electric Corporation (HEC) показала макет вертолета на выставке International Robotics в Токио. Это не первый вертолет компании, которая сегодня специализируется на выпуске различных дронов. Среди них преобладают аппараты, представляющие собой микровертолеты и разнообразные мультикоптеры.

Компания была основана в октябре 1949 года как производитель текстильных машин Hiroshima Spinner Ltd. В 1957 году она вместе с Nichibo Company образовала компанию Hiroshima Synthetic Fiber Spinners Ltd, позже известную как Unitika Ltd. В 1970 году она была переименована в Hirobo Ltd, а спустя три года появилось подразделение, которое занялось электроникой и разработкой радиоуправляемых моделей. К октябрю 1977 года компания полностью ушла с текстильного рынка. Модель Hirobo Eagle 3 EP выиграла Чемпионат мира в категории F3C, который проходил в Польше в июле 2013 г. Компания производит масштабные модели вертолетов в течение 40 лет и сегодня вышла на одну из лидирующих позиций в мире.

В 1983 г. в Hirobo попробовали использовать опыт создания радиоуправляемых моделей в производстве внедорожных багги. Основной особенностью этих четырехколесных полноприводных автомобилей был ременной привод с гибкими



Беспилотный спасательный вертолет HX-1



Применение вертолета HX-1



Эскиз одноместного вертолета Hirobo BIT



Макет одноместного вертолета Hirobo BIT

ремнями Gilmer, что в то время было неслыханным новшеством, позволившим сделать внедорожники исключительно малолитражными. Несмотря на технические успехи, автомобили Hirobo были очень дорогими, поэтому со временем компания ушла и с автомобильного рынка.

Сегодня Hirobo Electric Corporation переживает мощный подъем, поскольку ее продукция – радиоуправляемые беспилотные летательные аппараты – получила распространение по всему миру и пользуется большим спросом. Изюминкой является комплекс IMU-05, который собирает информацию о пространственной ориентации вертолета,

ускорениях, угловых скоростях и магнитном курсе и позволяет стабилизировать вертолет даже в ветреную погоду, уверенно управлять им в полете.

Первый беспилотный многоцелевой вертолет HX-1 Hirobo предназначалась использовать, прежде всего, в медицине неотложной помощи. Но полностью автономный вертолет может быть сконфигурирован и для других целей, включая аэрофото съемку, поиск и спасение, геодезические исследования и перевозку медицинских расходных материалов, органов или крови для того, чтобы спасти жизнь раненого или больного. Однако вертолет предназначен не для перевозки человека,

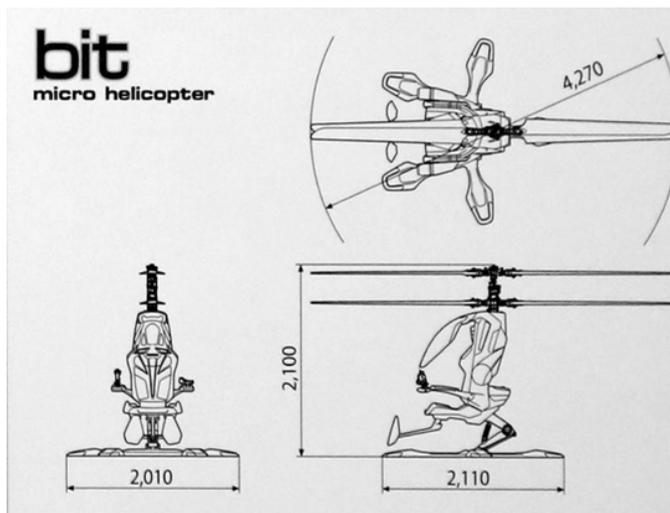
а для доставки медицинских препаратов и инструментов.

HX-1 имеет функцию автоматического возвращения к месту старта в чрезвычайных ситуациях. Несущая система представляет собой соосные двухлопастные винты, а в силовой установке используется бесщеточный электродвигатель, получающий питание от аккумулятора. Вертолет может летать в течение получаса на расстояние до 48 км с максимальной скоростью 100 км/ч. Первоначальная цена вертолета была установлена на уровне 80 тысяч долларов США.

Параллельно с разработкой беспилотного спасательного вертолета дизайнеры Hirobo делали первые



Испытания прототипа одноместного вертолета Hirobo BIT



Общий вид вертолета Hirobo BIT

наброски одноместного вертолета с электрическим двигателем, а инженеры разрабатывали и испытывали его прототип с бензиновым мотором.

На опытном образце была отработана система стабилизации и управления вертолетом, и к тому времени макет электрического вертолета приобрел реальный облик.

Первоначально компания планировала выпустить его на рынок только в 2020 году. Однако бум электрических автомобилей и самолетов заставил специалистов Hirobo пересмотреть свои планы. Четыре года назад они решили, что смогут подготовить вертолет к серийному производству уже в 2016 году. Однако проблемы обнаружились в области сертификации, да и подготовить такой вертолет к производству и эксплуатации оказалось сложнее, чем виделось в 2012 году. Hirobo решила сертифицировать вертолет в FAA, но правила сертификации подобных аппаратов еще не разработаны. Поэтому сегодня компания планирует подготовить продажи своей первой модели уже в 2017 году.

Hirobo BIT – цельнокомпозитный вертолет. Диаметр несущих соосных двухлопастных винтов 4,27 м, высота вертолета – 2,1 м, длина опор – 2,11 м, ширина – 2,01 м. Опоры представляют собой пять лап, выполненных из композитного материала, на которых находится кресло пилота, прикрепленное к

опорам с помощью двухзвенника и амортизатора. Очевидно, амортизатор комбинированный, состоит из стальной пружины и жидкостно-газового или газового амортизатора.

Кресло пилота эргономичное, пилот пристегивается к нему с помощью пяти ремней с быстроразъемным замком. Под сиденьем расположен кронштейн, в нижней части которого смонтированы опоры для ног пилота. Управление вертолетом осуществляется с помощью джойстика и комбинированного рычага, смонтированных на подлокотниках. За спинкой, очевидно, располагается аккумулятор. В верхней части спинки смонтирован блок управления, электродвигатель, который передает вращение через редуктор на валы несущих винтов. Пилот в кресле защищен от ветра прозрачным козырьком.

Конструкция вертолета выглядит футуристически и в то же время вполне рационально. Судя по всему, вертолет должен подтвердить заявленные характеристики. Будет ли он пользоваться спросом, покажет время. Первоначально цену Hirobo BIT установили на уровне 365 тысяч долларов, затем она опустилась до 240 тысяч долларов. Но найдет ли компания достаточно заказов на одноместный вертолет по такой цене?

Характерно, что Hirobo BIT можно будет использовать как в пилотируемом, так и в беспилотном режимах. На выставках он рекламировал-

ся как персональный городской транспорт для состоятельных людей, ценящих время. Однако вероятней всего, если вертолет найдет применение, то будет использоваться вначале в чрезвычайных ситуациях, силовых органах и в качестве спортивных вертолетов.

Тем не менее, надо признать, что с каждым годом подобных проектов становится все больше, и они приобретают все более реальные черты. Очевидно, что в будущем подобные аппараты станут такими же привычными, как автомобили сегодня.

Сергей Арасланов

Источники

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Hirobo>
2. <https://www.hirobo.co.jp>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=HE8dMmcbnV0>
4. <http://www.wired.com/2012/11/hirobo-hx-1/>
5. <http://www.gizmag.com/hirobo-personal-manned-micro-electric-helicopter/29684/>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=R4FvhHw6tP4>
7. <https://www.facebook.com/helicopter.ua/videos/920415618038948/>



Особенности конструкции Hirobo BIT



aot

ВЕРТОЛЕТ VA115 ГОТОВЯТ К ПРОИЗВОДСТВУ

Пока японская Hirobo Electric Corporation планирует запустить свой одноместный вертолет в 2017 году, немецкая RotorSchmiede GmbH уже вплотную подошла к серийному выпуску одноместных вертолетов VK115 с двигателями F23 LW Göbler Hirthmotoren GmbH & Co. KG мощностью 50 л.с. О том, что изменилось за восемь месяцев после презентации проекта на AERO-2015, рассказывает один из его участников Виталий Брандт.

О концепции и конструкции вертолета VA115 довольно подробно написано в репортаже о выставке AERO-2015 в «АОН» №5'2015. Поскольку я в настоящее время работаю руководителем отдела разработки компании RotorSchmiede GmbH и участвую в разработке вертолета с самого начала, расскажу о том, что произошло в его реализации за полгода.

Все это время мы были заняты проведением наземных и летных испытаний и подготовкой вертолета к сертификации, серийному производству, продажам и поддержке в эксплуатации. Наземные испытания все еще продолжаются. Вначале были выявлены небольшие проблемы с управлением на висении, но мы уже устранили их. Редуктор, трансмиссия, шасси и остальные агрегаты за 10 часов висения сбоя не дали, работают штатно. Очень хороший результат получили в системе охлаждения двигателя: можно висеть при температуре +30 °С практически без ограничений. В рабочем режиме вибрации конструкции вертолета практически отсутствуют, что является очень позитивным результатом. Подтвердилось преимущество колесного шасси уже при проведении наземных испытаний. Во-первых, один человек может очень легко буксировать вертолет, управляя им. Также успешно можно маневрировать при движении вертолета своим ходом по рулежке. Управляется прекрасно.

В январе–феврале 2016 г. наземные испытания будут продолжены, в частности, мы проведем копровые испытания путем сброса вертолета с высоты, будут исследованы все элементы управления под нагрузкой и т.д. Все испытания провожу я сам, поскольку имею лицензию пилота вертолета PPL-H, обучался в Бер-

лине. К летным испытаниям будет дополнительно привлечен опытный пилот-эксперт для объективной оценки летных качеств вертолета. Продажу вертолета планируем начать после тщательных летных испытаний, когда мы будем сами уверены в его надежности.

Дизайн остается базовым, как был представлен на выставке AERO-2015, но уже есть опции. Заказов на вертолет много, но первые вертолеты пойдут на продажу нашим избранным клиентам, чтобы иметь обратную связь. Первыми будут заказчики из России, Америки, Австралии и Китая.

Планируем регистрацию вертолета в Германии, для чего создана отдельная команда по сертификации. Сейчас готовим документы на подачу заявки и в EASA. Вертолет проходит по требованиям FAR-103, но мы специально выбрали тяжелый путь, чтобы набрать опыт и быть готовыми к сертификации следующих проектов.

Для обучения пилотов разрабатываем специальный тренажер.

Серийное производство VA-115 находится на стадии подготовки. Уже произведены четыре предсерийных прототипа вертолета. Заложенные летно-технические характеристики VA-115 пока не изменились, будут ли изменения в дальнейшем, покажут летные испытания, которые сейчас проводит компания.



VA115 на выставке AERO-201

Летно-технические характеристики вертолета VA115

Характеристика	Ед. изм.	VA115
Экипаж	чел.	1
Диаметры роторов	м	4,5
Масса пустого	кг	113
Взлетная масса	кг	275
Двигатель		Hirth F23 LW
Мощность	л.с.	50
Максимальная скорость	км/ч	130
Крейсерская скорость	км/ч	110
Материал лопастей		композит

В Мюнхене находится наша центральная фирма (ее юридический офис). Фирма-разработчик проектов расположена в Нижней Саксонии,

возле города Gifhorn, там же мы разрабатываем вертолет и проводим испытания.

Главным аспектом сложной серти-



Четыре предсерийных прототипа вертолета VR115 уже изготовлены



Игорь Никитин, Siegfried Göbler и Виталий Брандт

фикации, на которую мы идем, является стремление приобрести опыт и придать нашей молодой фирме больше авторитета на вертолетном рынке. Конечно, мы могли бы сразу после уверенных полетов пойти на продажу по нормам FAR-103. Но это было бы сиюминутным успехом, который может быстро исчезнуть. Наша проблема заключается еще и в следующем: дело в том, что в Германии существует класс аппаратов до 120 кг, но есть особенность: в эту группу не включены вертолеты.

Конечно, мы могли бы сразу испытывать наш аппарат в России. Кстати, там для этого уже все подготовлено на базе консультаций с И.В. Никитиным. Мы ему очень благодарны за поддержку и компетентность. Можно было бы сделать акцент на продажи вертолета в США, где не требуется сертификация такого вертолета. Но это не решает проблемы с продажами в других странах. Проблема сертификации останется в любом случае открытой, если ее не решать.

Относительно популярной сегодня темы использования одноместных вертолетов в качестве индивидуального городского транспорта, о чем часто пишут некоторые читатели «АОН», скажу следующее. Не думаю, чтобы на аппаратах такого класса, где, в принципе, каждый «умирает» в одиночку (класс FAR-103), это было бы возможно в обозримом будущем. Но я не эксперт в области сертификации, могу и ошибаться. Одно скажу точно: разговоры на основе больших букв в заголовках очень далеки от реальности конкретных пунктов сертификации, будь то Европа, Америка, Россия и т.д.

Мы набираем свой опыт по крупицам. Кстати, пользуясь случаем, хотел бы выразить огромную благодарность Виктору Константиновичу Хрибкову, который в свое время «инфицировал» меня этой темой и, в принципе, дал мне толчок на этом пути. И я буду информировать читателей «АОН» о дальнейшем развитии проекта вертолета VA115.

Виталий Бранд

НАЧАЛОСЬ ПРОИЗВОДСТВО ВЕРТОЛЕТА VA115

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО САМОЛЕТА

Продолжаем публикацию лекций для тех, кто делает первые шаги в авиации.

Рассматривая основы аэродинамики и динамики полета, мы выяснили, что самолету кроме крыла необходимо горизонтальное и вертикальное оперение, для размещения экипажа и грузов нужен фюзеляж, а мотогондолы требуются для размещения двигателей. Но простое перечисление этих элементов не дает представления об облике самолета, особенностях динамики его полета и конструкции.

Чтобы дать подробное описание самолета, позволяющее выделить его из массы других, необходимо использовать несколько классификаций самолетов по различным признакам.

Одна из классификаций самолетов – по взаимному расположению крыла и оперения в целях обеспечения продольной устойчивости – позволяет выделить пять балансировочных (аэродинамических) схем (рис. 1).



Рисунок 1. Классификация самолетов по расположению крыла и оперения

Выбор балансировочной схемы представляет собой поиск компромисса между устойчивостью и управляемостью самолета. Большинство конструкторов наилучшим решением считают «нормальную схему». Другие выбирают «утку», «бесхвостку» или «летающее крыло», тандем или триплан (с тремя несущими поверхностями).

Кроме схемы балансировки, в авиации используются и другие классификационные признаки: взаимное расположение крыла и фюзеляжа, расположение двигателей, расположение горизонтального и вертикального оперения, размещение опор шасси.

Например, основная задача проектировщика при формировании крейсерской конфигурации самолета заключается в достижении максимального аэродинамического качества на крейсерском режиме полета. Известно, что чем меньше аэродинамическое сопротивление при одинаковой подъемной силе, тем выше качество. Значительную часть аэродинамического сопротивления дает интерференция. Уменьшить ее можно правильным расположением крыла относительно фюзеляжа. Таким образом, появляется еще одна классификация (рис. 2).

Классификация по расположению крыла и фюзеляжа



Рисунок 2. Классификация самолетов по расположению крыла и фюзеляжа

Наименьшее сопротивление интерференции обеспечивает среднеплан, наибольшее – низкоплан. Как оказалось, общее аэродинамическое сопротивление самолета иногда может быть меньше суммы сопротивлений его частей, а подъемная сила за счет удачной увязки агрегатов может оказаться больше. Значительный вклад в решение задачи повышения аэродина-

Классификация по расположению двигателей



Рисунок 3. Классификация самолетов по расположению двигателей

мического качества вносит правильное расположение двигателей (рис. 3).

Характеристики устойчивости и управляемости в значительной степени зависят от схемы хвостового оперения. Если рассмотреть «нормальную» схему балансировки, то среди множества известных конструкций мы найдем несколько вариантов взаимного расположения вертикального и горизонтального оперения (рис. 4).

Классификация по расположению оперения



Рисунок 4. Классификация самолетов по расположению вертикального и горизонтального оперения

Для движения по земле или хранения на стоянке применяется шасси – система опор, обеспечивающих устойчивую стоянку и движение самолета при маневрировании по аэродрому, разбеге на взлете и пробеге при посадке. Взаимное расположение опор шасси определяет его схему (рис. 5).

Классификация шасси



Рисунок 5. Классификация шасси по расположению опор

Используя рассмотренные классификации, можно дать подробное описание общего вида самолета. Для более детальной характеристики его конструкции необходимо рассмотреть устройство отдельных агрегатов самолета.

Крыло самолета

Назначение и основные элементы конструкции крыла

Основное назначение крыла самолета – создание необходимой для полета подъемной силы.

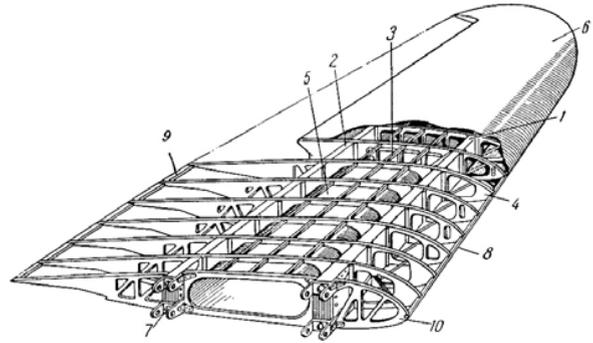
Кроме того, крыло обеспечивает поперечную устойчивость самолета и может быть использовано для размещения силовой установки, топливных баков, шасси, оборудования, вооружения и т.д.

К крылу самолета предъявляются следующие основные требования:

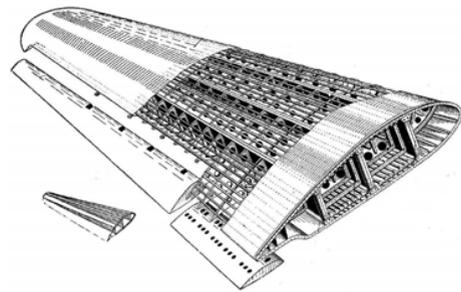
- максимальное аэродинамическое качество;
- малый вес при достаточной прочности, жесткости и живучести крыла;
- простота конструкции и удобство для серийного производства и эксплуатации.

Крыло самолета представляет собой балку, которая работает на изгиб, кручение и воспринимает перерезывающую силу от внешних воздействий.

Поэтому конструкция крыла состоит из продольного и поперечного наборов и обшивки (рис. 6).



Двухлонжеронное крыло ЛАГГ-3: 1 – лонжерон, 2 – лонжерон, 3 – стрингер, 4 – нервюры, 5 – топливный бак, 6 – обшивка, 7 – узел навески, 8, 9 – стрингеры, 10 – носок нервюры



Трехлонжеронное крыло Ли-2



Узел крепления деревянной бипланной коробки крыльев



Углепластиковые крылья самолета Aquila

Рисунок 6. Конструкция крыла

В продольный набор входят лонжероны, продольные стенки и стрингеры. Поперечный формируется с помощью нервюр. Элементы продольного и поперечного наборов образуют каркас, который сверху закрывает обшивка.

Лонжероном называется мощный продольный элемент, воспринимающий полностью или частично изгибающий момент и поперечную силу, действующие на крыло в полете.

Стрингером называется продольный элемент, воспринимающий осевые нагрузки от изгиба крыла и местные аэродинамические нагрузки. Стрингер представляет собой профиль, который связывает между собой нервюры и одновременно подкрепляет обшивку.

Нервюрой называется поперечный элемент конструкции крыла, связывающий в одно целое элементы продольного набора и обшивку. Нервюры придают крылу заданный профиль, подкрепляют обшивку и передают воздушную нагрузку от обшивки на лонжероны.

Обшивка крыла предназначена для формирования аэродинамических поверхностей, восприятия внешних нагрузок и передачи их на силовые элементы каркаса. Она может быть жесткой (металлической или фанерной) и нежесткой (полотняной). Во многих современных самолетах применяется металлическая жесткая обшивка. Кроме того, жесткая обшивка не только воспринимает аэродинамическую нагрузку, но и участвует в общей работе крыла как силовой элемент, принимая на себя часть изгибающего и крутящий момент. Поэтому жесткая обшивка является работающей.



Рисунок 7. Металлическая обшивка крыла самолета Zodiac CH-601

Продольной стенкой называется элемент, расположенный вдоль по размаху крыла и воспринимающий только поперечную силу. Продольные стенки аналогичны лонжеронам по своей конструкции, но имеют очень слабые пояса и шарнирные стыковые узлы.

Силовой набор определяет способность крыла воспринимать внешние нагрузки. Его аэродинамические свойства во многом определяются геометрическими характеристиками.

Геометрические характеристики крыла

Геометрия крыла характеризуется формой профиля, формой в плане и спереди.

Профилем крыла называется его форма в сечении, перпендикулярном размаху крыла.

В первоначальный период развития авиации широко использовались выпукло-вогнутые профили, близкие к профилю крыльев птиц (рис. 8).

Увеличение скорости полета заставило конструкторов искать формы профилей с малым лобовым сопротивлением. Появились плосковыпуклые, двояковыпуклые и ламинаризованные профили, обладающие минимальным лобовым сопротивлением на дозвуковых скоростях полета (рис. 8).

Для сверхзвуковых самолетов были разработаны чечевицеобразные, ромбовидные и клиновидные профили (рис. 8).

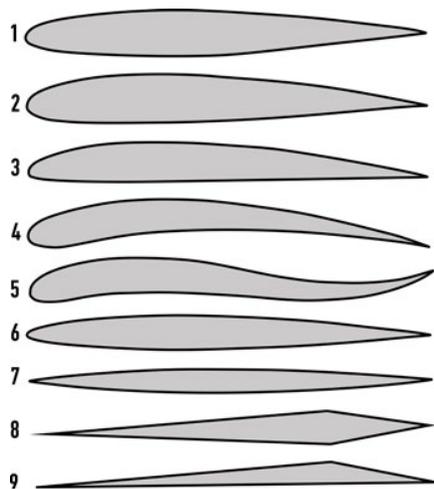


Рисунок 8. Профили крыльев:
1 – симметричный, 2 – выпуклый, 3 – плоско-выпуклый, 4 – выпукло-вогнутый, 5 – S-образный, 6 – тонкий выпуклый, 7 – сверхзвуковой, 8 – ромбовидный, 9 – клинообразный.

В распоряжении конструкторов в настоящее время имеются многотомные атласы профилей, в которых наряду с геометрическими параметрами профилей приведены их аэродинамические характеристики. Кроме того, современные численные методы позволяют с высокой точностью рассчитывать аэродинамические характеристики тел любой формы. Поэтому при проектировании новых самолетов все чаще создают специальные профили для их крыльев.

Геометрическими параметрами профиля являются хорда, относительная толщина и относительная вогнутость (кривизна).

Хордой профиля называется линия, соединяющая его переднюю и заднюю кромки (рис. 9).

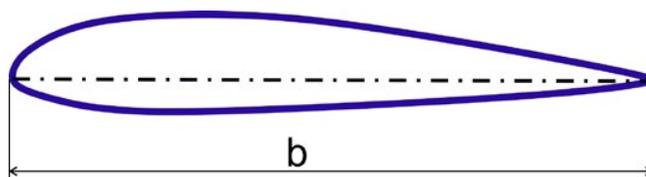


Рисунок 9. Хорда профиля

Хорда крыла в месте крепления его к фюзеляжу называется бортовой – b_0 , хорда в конце крыла – концевая, обозначается b_k .

Относительная толщина профиля – отношение максимальной толщины профиля S_{max} к его хорде b :

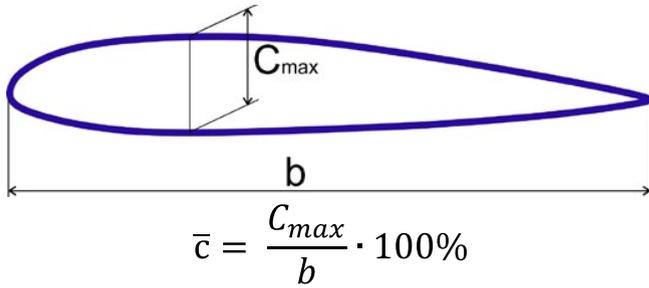


Рисунок 10. Относительная толщина профиля

Параметр \bar{c} существенно влияет на коэффициент лобового сопротивления C_x . Для современных дозвуковых самолетов $\bar{c} = 10-18\%$, чаще всего 12% , для сверхзвуковых – от $2,5\%$ до 5% .

Относительная вогнутость (кривизна) – наибольшее расстояние между хордой и средней линией профиля, выраженное в процентах.

Средняя линия – геометрическое место середины перпендикулярных хорде отрезков между верхними и нижними контурами профиля (рис. 11).

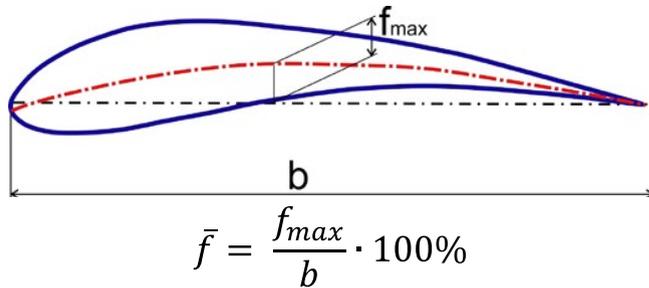


Рисунок 11. Относительная вогнутость профиля

Относительная кривизна (вогнутость) современных крыльев обычно равна $0-4\%$ хорды.

Крыло в плане может иметь разнообразную форму: прямоугольную, трапециевидную, стреловидную, оживальную (рис. 12).

Формы крыльев



Рисунок 12. Форма крыла в плане:

- 1 – прямоугольная, 2 – трапециевидная, 3 – эллиптическая,
- 4 – стреловидная, 5 – треугольная, 6 – оживальная

Прямоугольная форма крыла применялась на первых типах самолетов ввиду простоты изготовления, сегодня применяется на большинстве ультралайтов, сверхлегких и легких самолетов.

По сравнению с прямоугольными трапециевидные крылья имеют меньшую массу и аэродинамическое сопротивление.

Для полетов на дозвуковых скоростях наименьшее индуктивное сопротивление создает эллипсовидное крыло, но оно нетехнологично.

На сверхзвуковых скоростях наиболее выгодны стреловидные, треугольные и оживальные крылья.

Параметрами, характеризующими форму крыла в плане, являются размах, площадь, удлинение, сужение и стреловидность.

Размахом крыла l называется расстояние по горизонтали между внешними концами крыла.

Площадью крыла S называется площадь его проекции на горизонтальную плоскость, включая подфюзеляжную часть.

Удлинением крыла λ называется отношение квадрата размаха крыла к его площади:

$$\lambda = \frac{l^2}{S}$$

Эта формула справедлива для крыла любой формы в плане, но для прямоугольного крыла она упрощается:

$$\lambda = \frac{l^2}{l \cdot b} = \frac{l}{b}$$

Крылья сверхзвуковых самолетов имеют удлинение $2-4$, а дозвуковых – $6-9$. От удлинения крыла дозвуковых самолетов существенно зависит их аэродинамическое качество.

Сужением крыла η называется отношение корневой хорды b_o к концевой b_k .

Стреловидность крыла χ – угол между линией $1/4$

$$\eta = \frac{b_o}{b_k}$$

хорды (линией фокусов) и перпендикуляром к плоскости симметрии самолета. Иногда угол стреловидности определяют от передней и задней кромки крыла. На скоростных самолетах стреловидность имеет значения от 35° до 70° (рис. 13).

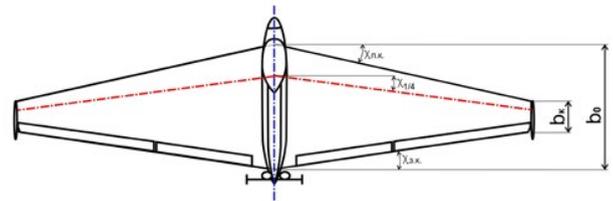


Рисунок 13. Форма крыла в плане

Большинство современных самолетов при виде спереди имеют угол, образованный плоскостью хорд и горизонтальной плоскостью, который называется углом поперечного V (рис. 14).

Этот угол считается положительным, если концы крыла приподняты, и отрицательным при опущенных концах крыла. Величина и знак угла выбираются в зависимости от крейсерской скорости полета в целях



Рисунок 14. Угол поперечного V

обеспечения устойчивости и управляемости самолета по крену.

Геометрические характеристики профиля и крыла в плане используются в аэродинамических расчетах и при выборе проектных параметров самолета.

Конструктивно-силовые схемы крыльев

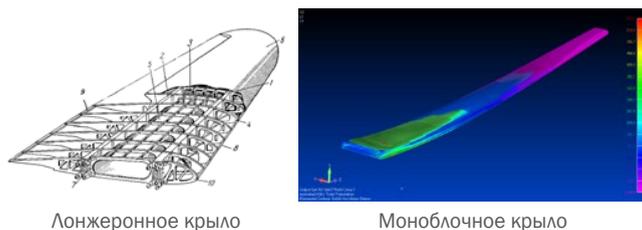
В зависимости от того, какие элементы крыла (пояса лонжеронов или обшивка, подкрепленная стрингерами и стенками) принимают участие в работе крыла на изгиб, различают два основных типа конструкции крыла:

- лонжеронное;
- моноблочное.

У лонжеронных крыльев изгибающий момент воспринимается в основном поясами лонжеронов вследствие того, что стрингерный набор слаб, а тонкая обшивка теряет устойчивость.

По числу лонжеронов крылья могут быть одно-, двух- и монолонжеронными. Наиболее часто встречаются одно- и двухлонжеронные крылья.

Одним из недостатков лонжеронных крыльев является сильное ослабление, а иногда и разрушение конструкции крыла при повреждении лонжеронов.



У моноблочных крыльев основными элементами, воспринимающими осевые усилия, возникающие при изгибе, являются верхняя и нижняя панели, подкрепленные стрингерным набором.

Моноблочная кессонная конструкция крыла обладает высокой живучестью, дает возможность эффективно использовать строительную высоту крыла для размещения в нем топлива. Кроме того, моноблочные крылья обладают значительной жесткостью. Следовательно, они обеспечивают высокие критические скорости флаттера, имеют большую вибропрочность.

Следует отметить, что конструктивно-силовые схемы прямых, стреловидных, треугольных крыльев имеют отличительные особенности, которые подробно исследуются в курсе строительной механики.

Механизация крыла

В целях снижения лобового сопротивления самолета и уменьшения потребной энерго- или тяговооруженности площадь крыла выбирают для полета с крейсерской скоростью на наиболее выгодном для этого режиме

угла атаки $\alpha_{н.в.}$. Однако посадка самолета с такой площадью крыла возможна только при высоких посадочных скоростях и с большой длиной пробега.

Для повышения несущей способности крыла на взлетно-посадочных режимах применяется взлетно-посадочная механизация крыла.

Щитки – наиболее простой вид механизации крыла.

Они представляют собой отклоняемые вниз части нижней поверхности крыла, расположенные у задней кромки (рис. 15).

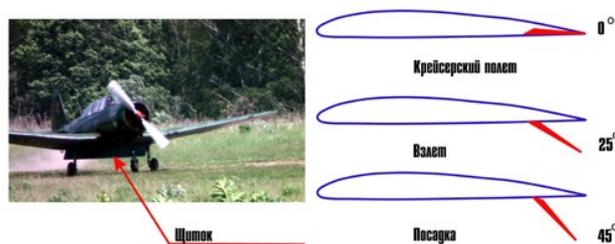


Рисунок 15. Щиток крыла

Увеличение подъемной силы при отклонении щитка происходит за счет изменения кривизны профиля крыла, что повышает давление под крылом и увеличивает разрежение над крылом.

Закрылок называется подвижная задняя часть крыла, которая может отклоняться вниз и выдвигаться из крыла.

Углы отклонения закрылков при взлете и посадке такие же, как и у щитков. По принципу действия закрылки делятся на простые, выдвигающиеся и щелевые (рис. 16).



Рисунок 16. Закрылки самолета: 1) простой; 2) щелевой; 3) выдвижной; 4) многощелевой

Применение закрылков повышает несущую способность крыла (увеличивает подъемную силу) за счет увеличения кривизны профиля, площади крыла и более плавного обтекания крыла благодаря перетеканию воздушного потока через щели (рис. 17).

Для обеспечения полета на больших углах атаки применяется предкрылок – профилированный носок крыла, выдвигающийся вперед (рис. 18).

Благодаря перетеканию потока с нижней поверхности крыла через щель за предкрылком ускоряется поток, обтекающий верхнюю поверхность крыла, и срывается до больших углов атаки.

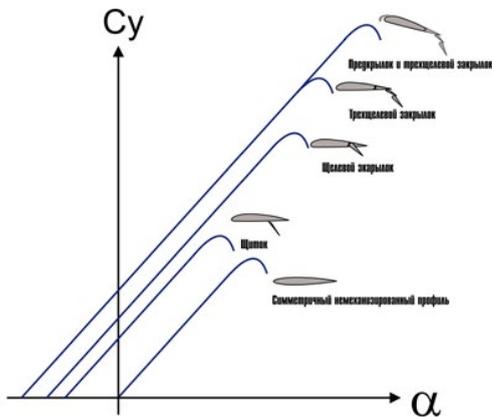


Рисунок 17. Зависимость коэффициента подъемной силы C_y от угла атаки для крыльев с механизацией

Предкрылок и интерцептор

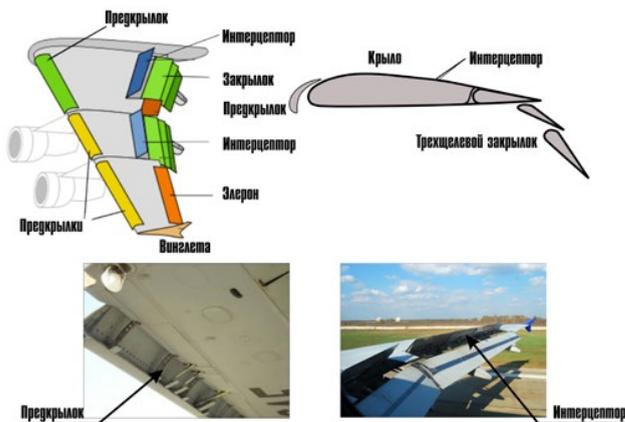


Рисунок 18. Механизация крыла (предкрылок, закрылок, нтерцептор)

Применение крыла с профилем Р-Ис Красильщикова с предкрылком по всему размаху, закрылком и зависающим элероном позволило немецкому конструктору Рейнольду Мевесу (Reinhold Mewes) создать в предвоенной Германии в компании «Физелер» самолет «Аист» Fieseler Fi 156 Storch, который при встречном ветре мог взлетать практически вертикально и имел небольшой пробег. Для взлета и посадки ему было достаточно полосы длиной 60 м. А самый маленький самолет X-14 с трехшелевым закрылком построил «самодельщик» Дмитриев в 80-е годы прошлого века в СССР (рис. 19).

Fieseler Fi 156 Storch

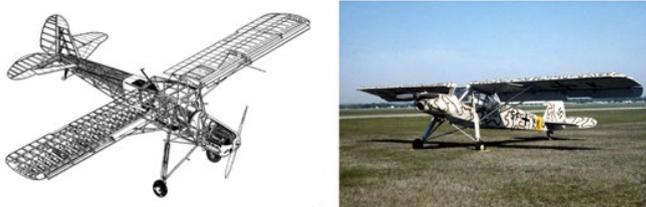


Рисунок 19. Fieseler Fi 156 Storch

Для сокращения длины пробега при посадке помимо реверса тяги применяют интерцепторы – плоские пластинки, расположенные на верхней поверхности крыла.

В нерабочем положении интерцепторы утоплены «заподлицо» с поверхностью крыла. При отклонении ин-

терцептора за счет срыва потока с верхней поверхности крыла возникает дополнительное сопротивление и падает подъемная сила. Этот эффект используется для сокращения пробега при посадке, т.к. падение подъемной силы на пробеге увеличивает эффективность работы тормозов шасси. Его можно использовать для управления по крену самолетом. Отклонение интерцептора на одной из консолей дает крен в сторону этой консоли. Этот эффект используется для управления по крену самолетом Миг-23 в сверхзвуковой конфигурации (рис. 20).

X-14 Дмитриева



Рисунок 20. Самолет Дмитриева с трехшелевым крылом

Кроме средств механизации для улучшения несущих свойств крыла применяют и другие конструктивные решения. Так, на первых реактивных самолетах в целях предотвращения перетекания пограничного слоя на конце крыла и неблагоприятного перераспределения подъемной силы ставили аэродинамические гребни. Затем появились специальные выступы по передней кромке. На последних скоростных самолетах применяется специальный аэродинамический «наплыв», который создает мощный вихрь на больших углах атаки и повышает несущие свойства крыла (рис. 21).



Рисунок 21. Наплывы в корне крыла

Фюзеляж (корпус) самолета

Корпус самолета предназначен для размещения экипажа, пассажиров, грузов и оборудования. К корпусу крепятся крылья, оперение, шасси, двигатели и другие агрегаты самолета.

Различают следующие корпуса самолетов: фюзеляжи сухопутных самолетов, лодки и гондолы.

К корпусам предъявляются следующие требования:

- совершенство аэродинамических форм, обеспечивающих минимальное лобовое сопротивление;
- достаточная прочность и жесткость при малом весе;

– простота серийного производства, эксплуатации и ремонта.

Фюзеляжем называется корпус сухопутного самолета, несущий оперение.

Лодкой называется корпус гидросамолета. Лодка обладает плавучестью и имеет обводы, обеспечивающие взлет с воды и посадку на воду.

Гондолой называется корпус самолета, не несущий на себе оперения. Оперение поддерживается двумя балками, крепящимися к крылу.

Внешние формы и геометрические характеристики фюзеляжей

Очевидно, что для фюзеляжа как части самолета, не создающей значительную подъемную силу, оптимальной с точки зрения аэродинамики будет форма, обеспечивающая минимальное лобовое сопротивление.

Однако на практике фюзеляжи имеют самые разнообразные формы, чаще не отвечающие только одному требованию минимального сопротивления (рис. 22).

Во многих случаях при выборе формы фюзеляжа



Рисунок 22. Транспортный самолет Aero Spacelines Super Guppy для перевозки негабаритных грузов (форма фюзеляжа определена габаритами груза)

решающее значение имеет удобство размещения грузов, погрузки и разгрузки их в аэропорту или при десантировании и другие конструктивные соображения.

Геометрия фюзеляжа строится относительно условно выбранной базовой линии, которую называют строительной горизонталью фюзеляжа (с.г.ф.).

Важным геометрическим параметром является площадь миделевого сечения.

Другой параметр – эквивалентный диаметр фюзеляжа (диаметр круга, площадь которого равна $S_{м.с.}$):

$$d_{\phi}^{\text{э}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{м.с.}}{\pi}}$$

Фюзеляж по длине условно делят на три основные части: $\Phi 1$ – носовая (передняя, головная); $\Phi 2$ – центральная (цилиндрическая); $\Phi 3$ – кормовая (хвостовая, донная, рис. 23).

В качестве параметра, устанавливающего некоторое

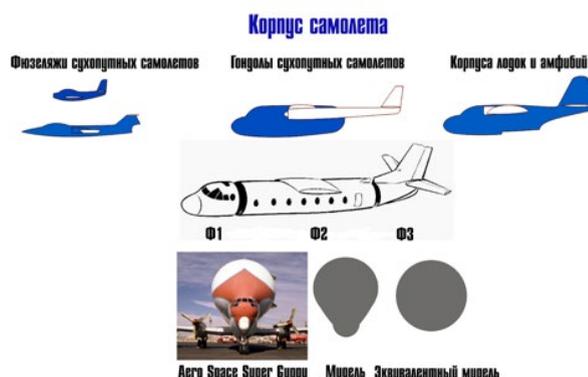


Рисунок 23. Классификация, геометрия и мидель фюзеляжа

(неполное) подобие фюзеляжей, принимают удлинение фюзеляжа:

$$\lambda_{\phi} = \lambda_{\phi 1} + \lambda_{\phi 2} + \lambda_{\phi 3} = \frac{l_{\phi}}{d_{\phi}^{\text{э}}}$$

Внешним формам фюзеляжа, определяющим аэродинамическое сопротивление самолета, уделяется большое значение. В последнее время появился так называемый интегрированный фюзеляж, создающий подъемную силу наряду с крылом, которое плавно переходит в фюзеляж (МиГ-29, Су-27).

Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей

По конструкции фюзеляжи делят на ферменные и балочные.

Ферменный фюзеляж состоит из металлического каркаса в виде сварной трубчатой поверхности и деревянной, полотняной или металлической обшивки.

Такие фюзеляжи применялись на заре авиации. Они не позволяют получить высокую точность аэродинамического профиля, имеют малый полезный объем и низкую живучесть. В последнее время нашли применение в воздушно-космической технике («Колумбия», «Челенджер», «Буран»), поскольку имеют широкие возможности для компенсации температурных перемещений в конструкции при нагреве ее в полете.

Балочный фюзеляж имеет вид полый трубы переменного сечения.

Такой фюзеляж состоит из силового каркаса и жесткой работающей обшивки.

Конструкция и назначение основных элементов металлических балочных фюзеляжей

Каркас балочного фюзеляжа состоит из продольных элементов – лонжеронов, бимсов, стрингеров и поперечных элементов – шпангоутов.

В балочном фюзеляже изгибающие моменты воспринимаются лонжеронами, стрингерами и обшивкой; поперечные силы и крутящие моменты – обшивкой и шпангоутами.

Различают три типа балочных фюзеляжей:

- лонжеронные;
- стрингерные;
- бесстрингерные (монокок).

В лонжеронном фюзеляже основным силовым элементом продольного набора является лонжерон.

Стрингерный фюзеляж не имеет лонжеронов. У него продольными элементами каркаса являются стрингеры.

Эти два типа фюзеляжей имеют поперечные элементы – шпангоуты, служащие для подкрепления обшивки и стрингеров.

Бесстрингерный фюзеляж имеет только толстую обшивку и шпангоуты (рис. 24).

Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей

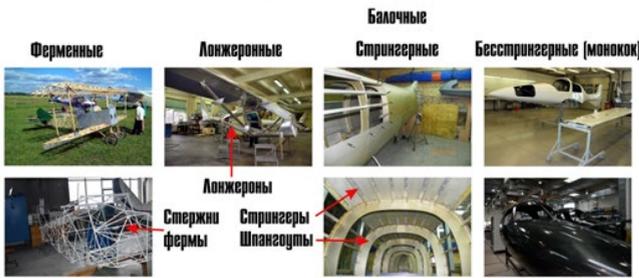


Рисунок 24. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей

Оперение самолета

Назначение, типы и формы оперения

Несущие поверхности, предназначенные для обеспечения устойчивости, управляемости и балансировки самолета называют оперением.

Классификация по расположению оперения



Рисунок 25. Различные виды оперения самолетов

Оно состоит из горизонтального (стабилизатор и руль высоты) и вертикального (киль и руль направления) оперений (рис. 25).

На некоторых самолетах устанавливают цельноповоротный стабилизатор и киль. В этом случае они выполняют и функции руля высоты и направления, т.е. служат для обеспечения устойчивости, управляемости и балансировки одновременно.

В зависимости от числа килей (рис. 25) различают:

- однокилевое;
- двухкилевое;
- разнесенное вертикальное оперение.

Формы горизонтального и вертикального оперения аналогичны формам крыла. То же можно сказать об их конструкциях и геометрических характеристиках. Поэтому мы не будем останавливаться на них подробно, отметив основные отличия профилей оперения и крыла.

Как правило, киль имеет симметричный профиль. Иногда на винтовых самолетах могут использовать несимметричный профиль для компенсации гироскопического момента от работающего воздушного винта. Так, киль истребителя Me-109 имел плосковыпуклый профиль, на котором создавалась аэродинамическая сила, дающая момент, обратный по направлению моменту, разворачивающему самолет от вращающегося винта. Такой киль упрощал обеспечение путевой устойчивости.

Профиль стабилизатора может быть как симметричным, так и несимметричным. Чаще всего профили стабилизаторов больших дозвуковых самолетов имеют несимметричный перевернутый профиль, чтобы уменьшить плечо балансирующей силы, создаваемой стабилизатором. Например, на самолетах Ан-124, Як-42 и Ан-28 стабилизаторы несимметричного профиля обратной кривизны.

Чаще всего оперение имеет стреловидную форму. Причем стреловидность оперения обычно больше стреловидности крыла, что позволяет избежать волнового кризиса на оперении и сохранить его эффективность даже на критических скоростях полета.

Для обеспечения устойчивости и управляемости площадь горизонтального оперения обычно делают равной 15–20% площади крыла, а площадь вертикального оперения составляет от 8 до 20% площади крыла.

Современные самолеты летают на больших высотах, следовательно, на больших углах атаки. При этом вертикальное оперение затеняется фюзеляжем и крылом, что ухудшает путевую устойчивость. Для увеличения эффективности вертикального оперения применяют килевые гребни (форкили), расположенные на верхней части фюзеляжа, подфюзеляжные гребни – дополнительные кили под фюзеляжем. Иногда применяют двухкилевое оперение с килями, вынесенными из тени фюзеляжа.

На некоторых самолетах роль подфюзеляжных гребней выполняют опущенные вниз половины стабилизатора, установленные с большим отрицательным поперечным V. Значительно повышает эффективность вертикального оперения, а значит и путевую устойчивость, установка горизонтального оперения наверху киля – Т-образное оперение. Однако такое оперение

имеет большую массу. Кроме того, на больших углах атаки горизонтальное оперение оказывается в тени крыла, в зоне срывных потоков. Следовательно, ухудшается его работа.

Конструкция оперения

Оперение самолета представляет собой балки, опертые или закрепленные на фюзеляже и воспринимающие от внешних аэродинамических сил изгиб, кручение и поперечную силу.

Так же, как у крыла, каркас оперения (киля и стабилизатора) состоит из лонжеронов, стрингеров, нервю и обшивки. На цельно-поворотных стабилизаторах иногда используются моноблочные конструкции, состоящие из двух половин, представляющих собой толстые фрезерованные обшивки, закрепленные на лонжероне трубчатого сечения, играющего роль оси вращения.

Все элементы каркаса оперения работают аналогично одноименным элементам каркаса крыла. Стыковые узлы оперения также подобны стыковым узлам крыла.

Обычно на оперении не применяется механизация. Но на Ан-28 по всей передней кромке стабилизатора установлен фиксированный предкрылок, который обеспечивает эффективность горизонтального оперения при отклонениях закрылка крыла на предельный угол.

Стабилизатор обычно устанавливают так, чтобы он не оказался в потоке воздуха, обтекающего крыло, т.е. обычно стабилизатор или выше, или ниже крыла.

Для улучшения эффективности киля его иногда стараются поместить в поток воздуха, отбрасываемого двигателем. Так, на Ан-28 разнесенное вертикальное оперение находится в потоке воздуха от двигателей, при отказе одного из которых сохраняется хорошая путевая устойчивость (рис. 26).

С целью обеспечения балансировки и управляемости самолета применяют аэродинамическую компенсацию: осевую, роговую, внутреннюю, с сервокомпенсатором.

Конструкция оперения сверхлегких самолетов



Рисунок 26. Конструкции оперения сверхлегких самолетов

Аэродинамическая компенсация рулей

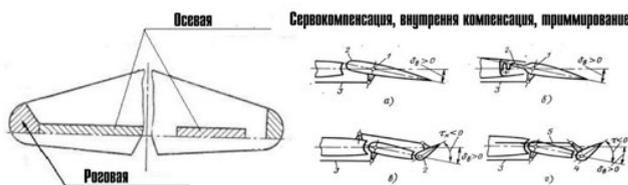


Рисунок 27. Аэродинамическая компенсация рулей

Все эти виды компенсаторов создают на руле аэродинамическую силу, направленную в сторону перемещения руля и разгружающую усилия со стороны летчика. На скоростных самолетах применяют в этих целях гидроусилители – бустеры.

Взлетно-посадочные устройства самолета

Назначение, классификация и требования к шасси

Шасси – система опор самолета, предназначенная для стоянки, передвижения по земле (воде), взлета и посадки.

Шасси должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать самолету свободное маневрирование и устойчивое движение при рулении, взлете и посадке;
- поглощать энергию удара при посадке, на взлете и при рулежке;
- обеспечивать необходимые углы атаки крыла на взлете и посадке;
- создавать минимальное сопротивление в полете;
- иметь минимальный вес;
- иметь простую, надежную и безопасную конструкцию с системой аварийного выпуска.

Для устойчивого движения самолета на земле необходимы как минимум три опоры. В зависимости от расположения опор относительно центра тяжести различают схемы шасси:

- с хвостовой опорой;
- с передней опорой;
- велосипедное.

У шасси с хвостовой опорой основные опоры расположены впереди центра тяжести симметрично относительно продольной оси, а хвостовая опора находится позади центра тяжести. Этот тип шасси применялся на винтовых самолетах. Недостатком шасси с хвостовой опорой является возможность капотирования (заваливания на нос) при посадке с большой скоростью.

Шасси с передней опорой имеют самолеты, у которых передняя стойка расположена в плоскости симметрии самолета впереди центра тяжести, а основные опоры – позади центра тяжести самолета.

Этот тип шасси позволяет:

- осуществлять посадку на больших скоростях без опасности капотирования;
- более энергично тормозить колесами при посадке без опасности капотирования и «козления» самолета;
- улучшить обзор пилотам при взлете и посадке;
- обеспечить хорошую путевую устойчивость при взлете и посадке;
- защитить ВПП от струи раскаленных газов двигателя;
- упростить погрузку и разгрузку самолета и комфорт пассажиров.

Недостатком этого типа является склонность к «зарыванию» передней опоры при посадке на мягкий грунт, шимми переднего колеса и риск посадки с поврежденной передней стойкой.

У самолетов с шасси велосипедного типа центр

тяжести находится примерно на равном расстоянии от колес основных опор, которые располагаются в плоскости симметрии в фюзеляже одно позади другого.

Боковые опоры поддерживают крыло при боковых кренах самолета и ударную нагрузку при взлете и посадке не воспринимают.

Шасси велосипедного типа применяются на самолетах с тонким профилем крыла (основные опоры убираются в фюзеляж, а боковые – в специальные гондолы на концах крыла).

Геометрические характеристики шасси

Для обеспечения необходимой устойчивости и маневренности самолета во время его движения по ВПП опорные точки шасси должны быть размещены на определенном расстоянии друг от друга и от центра тяжести.

Различают следующие геометрические характеристики шасси (рис. 28): колея, база, высота шасси, угол стоянки, угол опрокидывания и угол выноса основных колес относительно вертикали самолета (рис. 28).

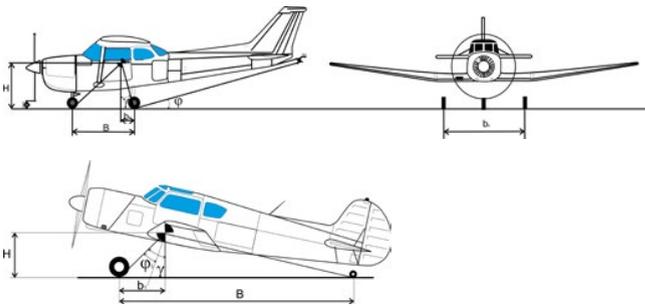


Рисунок 28. Геометрические характеристики шасси

Колея шасси b_k – расстояние между центрами основных колес. Определяет поперечную устойчивость самолета на посадке. Чем шире колея, тем меньше вероятность опрокидывания самолета на крыло. При недостаточно широкой колее крыло самолета может задеть полосу при посадке с креном. Чрезмерно широкая колея затрудняет путевую устойчивость, т.к. создается большой разворачивающий момент при затормаживании одного из колес. Колея шасси современных самолетов составляет $0,15-0,35 l_{кр}$.

Высота шасси H – расстояние от земли до центра тяжести самолета. Для самолетов с винтовыми двигателями высота шасси выбирается из условия, что между поверхностью земли и лопастью винта должно быть больше 50-200 см. Высота шасси самолетов с турбовинтовыми двигателями выбирается из условия обеспечения требуемых посадочных углов атаки крыла аэпос. в этом случае должен быть выдержан еще один параметр

– **угол опрокидывания φ** . Это угол между поверхностью земли и плоскостью, касательной к основным колесам и крайней точкой хвостовой части самолета.

База шасси B – расстояние между центрами колес основных и передних (хвостовых) опор.

Для шасси с передней опорой базу B выгодно делать максимально большой, чтобы уменьшить нагрузку на носовую стойку. База шасси современных самолетов

составляет 20-40% длины фюзеляжа.

База самолетов с хвостовой опорой выбирается из условия обеспечения заданного стояночного угла.

Стояночный угол φ_1 – угол между продольной осью самолета и горизонтом. На современных самолетах этот угол составляет 0-4%. На самолетах с хвостовой опорой стояночный угол значительно больше.

Угол γ выноса шасси – угол между вертикалью и плоскостью, проходящей через центр тяжести самолета и точкой касания колес основной стойки с землей, определяет нагрузку на переднюю опору и способность самолета устоять от опрокидывания на хвост при любой посадке.

Правильный выбор геометрических параметров шасси определяет эксплуатационные характеристики самолета на взлете, посадке и при движении по аэродрому.

Основные части и силовые схемы шасси.

Основными частями шасси являются:

- колеса (лыжи, гусеницы);
- амортизаторы;
- подкосы (боковые, передние, задние);
- траверсы;
- замки.

Шасси по конструкции могут быть убирающимися и неубирающимися.

По конструктивно-силовым схемам различают:

- ферменное шасси;
- балочное шасси;
- ферменно-балочное шасси (рис. 29).

Ферменное шасси образует пространственная ферма, к которой крепятся оси колес.



Рисунок 29. Основные конструктивно-силовые схемы шасси

Стержни ферм, в том числе и амортизационная стойка, воспринимают усилия сжатия и растяжения. В настоящее время неубирающееся шасси применяется на легких самолетах и вертолетах.

Балочное шасси представляет собой консольную балку, верхний конец которой крепится к крылу или фюзеляжу.

Простейшие опоры шасси имеет следующий вид (рис. 30).

Ферменно-балочное шасси состоит из одной или двух консольных балок, подкрепленных подкосами. Такая силовая схема чаще применяется для основных опор шасси.

Установка подкосов разгружает стойку от изгибающих моментов.

Боковой подкос – от момента, создаваемого боковой силой. Передний или задний подкосы – от действия сил

Разработал Михаил Вольнец



Рисунок 30. Простейшая стойка шасси

и моментов, направленных вдоль оси самолета.

Для самолетов с большой полетной массой в целях уменьшения давления на грунт увеличивают число колес и даже число опор (Ан-124, Ил-86).

Колеса шасси служат для передвижения самолета по земле и воспринимают часть энергии удара.

Колеса бывают тормозные и нетормозные. Первые применяют в основном на основных опорах. Вторые – на передних опорах всех самолетов и на основных опорах некоторых легких и сверхлегких машин.

Нетормозные колеса имеют пневматик, барабан, ось вращения с подшипниками.

В барабане тормозных колес размещают колодочные или дисковые тормоза. Пневматик тормозных колес обычно имеет протектор с определенным рисунком. Пневматик нетормозных обычно имеет гладкую поверхность.

По уровню давления в пневматиках колеса бывают с пневматиками высокого давления, среднего давления и низкого давления. Первые применяются на реактивных самолетах, стартующих с бетонных ВПП. Пневматики низкого давления применяются для вертолетов и нескоростных самолетов, взлетающих и садящихся на грунтовые аэродромы.

Амортизаторы – устройства, предназначенные для по-

глощения кинематической энергии удара при посадке и движении самолета по неровностям аэродрома.

Обычно в авиации применяются амортизаторы жидкостно-газового типа, конструктивно выполненные в виде стойки шасси. На легких самолетах амортизаторы могут быть выполнены в виде рессор, например, из титана или из композиционного материала.

Шимми передней (носовой) стойки

Колесо передней стойки выполняется ориентирующимся, т.е. может поворачиваться на некоторый угол. Кроме того, вследствие упругости пневматика и стойки колесо может отходить несколько от направления движения то в одну, то в другую сторону (рис. 31).

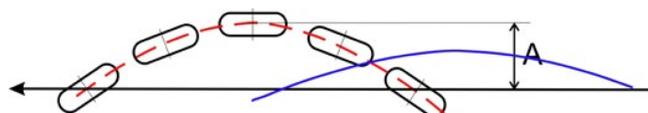


Рисунок 31. Шимми переднего колеса

Такие колебания будут происходить с увеличивающейся амплитудой и могут привести к срыву пневматика с обода колеса и к поломке стойки. Это явление называется шимми. Для предотвращения самоколебаний стойка носовой опоры снабжается демпфером – гасителем колебаний. Кроме того, ось вращения колеса стараются сдвинуть назад от оси симметрии штока амортизатора. Тогда колебания колеса будут затухающими.

Демпфер не позволяет переднему колесу быстро поворачиваться и таким образом гасит колебания. Силы трения колеса, расположенного позади от амортизатора, также способствуют возвращению колеса в нейтральное положение.

Литература

1. Пензак И.Н. Роктапов Ф.И. Самолетоведение. – М.: Машиностроение, 1964, 207 с.
2. Егер С.М., Шаталов И.А. Введение в специальность «инженер-механик по самолетостроению». – М.: МАИ, 1983, 183 с.
3. Никитин Г.А., Баканов Е.А. Основы авиации. – М.: Транспорт, 1984, 264 с.

Варианты убирающейся носовой стойки шасси



Разработал Михаил Вольнец

Цены на рекламу в журнале
«АВИАЦИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ»

Валюта		Грн	Руб.	Евро
10 знаков текста без пробела		12,0	36,0	1,0
Внутренняя страница площадью 450 кв. см	1 кв. см	12,0	36,0	1,0
	1 публикация	5400	16000	450
Внутренняя страница площадью 585 кв. см	1 кв. см	12,0	36,0	1,0
	1 публикация	7200	21000	585
2-я, 3-я, 4-я страницы обложки, 585 кв. см	1 кв. см	23,0	40,0	1,3
	1 публикация	13500	24000	760

РЕКЛАМА

«Авиагамма» - официальный дистрибьютор австрийской фирмы «Ротакс» - предлагает со склада в Москве и на заказ авиационные двигатели мощностью от 40 до 115 л. с., запасные части и комплектующие к ним.

Обеспечивает гарантийное и послегарантийное обслуживание.

125057, г. Москва, а/я 51.

Телефон +7 (495) 51-453-51

e-mail: info@aviagamma.ru



ЦЕНЫ НА РЕКЛАМУ СНИЖЕНЫ НА 40%

БАНКОВСКИЕ ПЕРЕВОДЫ В ГРИВНЯХ (УКРАИНА)

Получатель: ООО «НТЦ АОН»,
код 23917729, р/с 26008421165600
в ПАО «УкрСиббанк», г. Харьков, МФО 351005.
Код налогоплательщика 22705942.



Редакция «АОН»



БОЛЬШАЯ
начинается с малой!