

# ВИНТОКРЫЛЫ: НА ВЗЛЁТ!

**ПРОДОЛЖЕНИЕ СТАТЕЙ "ЛЕТАТЬ И НЕ БОЯТЬСЯ ЗЕМЛИ" В ЖУРНАЛЕ "ДВИГАТЕЛЬ" № 3, 2019 г. И "АВТОЖИРЫ "НА ЭКРАНЕ" В № 6, 2019 г.**

**Александр Григорьевич Лиознов**, зам. гл. конструктора проекта "Гидроавтожир"

**Максим Анатольевич Розыпало**, аспирант НИУ МЭИ, редактор журнала "Двигатель"

*Рассмотрены вопросы, связанные с условиями, которым должны удовлетворять авиационные транспортные средства, обеспечивающие потребности в перевозках местных и близкомагистральных линий в современных условиях.*

*The issues related to the conditions to be met by air transport vehicles that meet the needs for transportation of local and short-haul lines in modern conditions are considered.*

**Ключевые слова:** автожир, экраноплан, дальность, экономичность и комфорт полёта.

**Keywords:** autogyro, ekranoplan, range, economy and comfort of flight..

**Как мы и намеревались в предыдущем номере, продолжим обсуждение возможности создания перспективной транспортной системы на авиационной базе, поставив в основу её создания принципы: Безопасности, Экономичности и Комфортабельности.**

**Попробуем сформулировать новые технические требования исходя и этих принципов.**

**С**начала - о скорости: какая же может считаться оптимальной.

Полагаем, что для нашей страны этот вопрос должен решаться в сравнении с альтернативными системами - железнодорожной, автомобильной, речной. Для них всех средняя скорость на уровне 120 км/ч - предел мечтаний. И это связано далеко не только с техническими возможностями применяемой техники.

Конечно, существуют в каждой из этих систем образцы, способные двигаться и быстрее - рельсовый транспорт достиг эксплуатационных скоростей до 300...450 км/ч, экранопланы Алексева летали со скоростями 400...500, а массовые серийные автомобили легко преодолевают рубеж 200...250 км/ч, но все эти примеры соответствуют в основном "тяжелым" транспортным системам для массовых потоков по устоявшимся и выделенным маршрутам, где создана соответствующая инфраструктура. Автомобильный же транспорт во всём мире, даже имея техническую возможность развивать такие скорости при наличии хороших автострад и выверенного трафика движения, все равно ограничивается скоростным режимом в основном до 130 км/ч (90 миль/ч). Но и это-то тоже не обеспечивает необходимого уровня безопасности: число погибших в автоавариях неуклонно растёт. Да и с точки зрения экономичности - аэродинамическое сопротивление современных автомобилей на скорости выше 120 км/ч, более всего увеличивает топливный расход. К тому же, и за хорошую дорогу теперь приходится отдельно платить в объёме "удвоенного топливного расхода"!

Попытки эксплуатировать скоростные суда ОКБ Алексева со скоростями 100 км/ч ни к чему хорошему тоже не привели - массовым типом СПК остались его же "Ракеты" и "Метеоры" с эксплуатационной скоростью 60...70 км/ч, хотя и "Чайка" и "Буревестник" могли ходить по рекам с максимальной скоростью по 150 км/ч.

Таким образом - для индивидуальной распределенной транспортной системы, не привязанной к инфраструктуре, будем рассматривать именно автомобиль основным конкурентом.

\*\*\*\*\*

В прошедшей публикации мы определили, как быстро можно ехать, например, по одной из самых новых и скоростных наших трасс, М11 "Москва - С-Петербург". Почти везде на платных участках сейчас действует ограничение скорости в 110 км/ч, хотя к лету 2020 его обещают поднять до 130 км/ч.

Таким образом предельная крейсерская скорость в нашей стране не превышает разрешенных (с положительным допуском) 150 км/ч. Такова же и расчетная скорость движения, которая закладывалась при строительстве трассы. Это значит, что на более быстрые автомобили она просто не рассчитана ни по качеству дорожного полотна, ни по самой своей архитектуре.

Именно на такую крейсерскую скорость и надо проектировать 4...9 местный ЛА индивидуального использования. Как

сформулировано в предыдущей статье - такая крейсерская скорость позволит обеспечить и весьма щадящие взлетно-посадочные условия. Отсюда же - о стоимости передвижения из одного пункта в другой. Согласно тому же примеру, приведённому в прошлой публикации, расходы на проезд автомобилем от Москвы до Питера находятся в границах 4500...5200 рублей. Примем это как ориентир.

Спокойный ритм позволит максимально экономить топливо во время поездки, но все равно будет прерываться необходимостью оплачивать проезд по платной автострате (даже с помощью транспондера, требующего снижения скорости до 30 км/ч), проведением ремонтных работ на трассе, неадекватным поведением отдельных водителей, плохо оценивающих дорожную обстановку и создающим предпосылки к аварийным ситуациям. Дураки на дорогах - реально действующий фактор, сильно снижающий не только безопасность эксплуатации, но и среднюю скорость движения.

Насыщение электроникой серийных легковых автомобилей, информатизация транспортных систем, позволяет реализовывать уже сегодня как функцию автопилота (круиз-контроль - уже массовая опция) так и общего анализа состояния автомашины и водителя (функции "черного ящика", контроля состояния водителя). Про GPS-навигацию - уже и говорить не приходится. Без сотового почти никто уже и не садится за руль.

Однако, для удаленных мест она должна дополняться спутниковой навигацией: например, для работы "Севморпути" сегодня дополнительно требуется не менее четырёх выделенных навигационных спутников, ориентированных для работы в Арктике.

\*\*\*\*\*

В качестве схемы такого лёгкого летательного аппарата можно рассматривать схему из предыдущей статьи - прототипа роторного экраноплана, представленного консорциумом Хели-Ферри.



CH-150 Heliplane Transport



Хелли-Ферри  
100 местный

Однако консорциум предпочитает заниматься разработкой масштабного проекта - 100-местного парома на базе проектов тяжелых автожирных систем, выполненных Джейм Картером.



**"Rotodyne" фирмы "Фейри" в Ле Бурже**

Видимо, лавры строителей "Ротодайна" не дают успокаиваться замечательным конструкторам Европы и Америки в желании вернуться к уже давно реализованным результатам эффективности и экономичности этого типа летательных аппаратов.

Еще с 1947 г. фирма "Фэйри" начала исследования по реактивным приводам несущего винта (НВ). До 1950 г. разработали и испытывали на наземных стендах винты как с компрессорным приводом, так и с реактивными двигателями на концах лопастей. В результате сделали вывод о возможности разработки большого транспортно-летательного аппарата с компрессорным приводом НВ. В рекордном полете новый аппарат 5 января 1959 г. на замкнутом 100-км маршруте показал среднюю скорость 307,2 км/ч. Тем самым был установлен рекорд скорости для винтокрылых машин и почти на 80 км/ч превышен прежний рекорд скорости для вертолетов. Этот рекорд "Ротодайна" продержался почти три года и был побит только в октябре 1961 г., когда советский винтокрыл Ка-22 показал на прямой дистанции скорость 356,3 км/ч.

16 июня 1959 г. "Ротодайн" отправился в первый зарубежный тур, в ходе которого он демонстрировался на XXIII Авиасалоне в Ле Бурже, где показали и модель его серийного варианта в цветах авиакомпании "Нью-Йорк Эйрвейс" (NYA), предназначенного для перевозки 57/65 пассажиров. Именно эта американская компания, как наиболее опытный эксплуатант вертолетов, по достоинству оценила возможности "Ротодайна", который, по мнению ее экспертов, мог снизить стоимость пассажирских перевозок **до четырёх центов за пассажиромилю**.

В рассматриваемый же период этот показатель составлял у самой NYA **25 центов за пассажиромилю**, а после получения больших газотурбинных вертолетов мог бы быть снижен **не более чем до 12 центов**.

К осени 1959 г. прототип "Ротодайна" налетал около 100 часов, выполнив свыше 200 полетов. В процессе испытательной программы продемонстрировали возможности посадки по самолётному, с одним отключенным двигателем, и транспортировку крупногабаритных грузов на внешней подвеске, в частности, фермы моста, что существенно расширяло сферу его применения.

**В чем же отличие предлагаемого облика в нашем варианте в интересующей нас размерности 4 - 9 пассажиров и взлетный весом до 2500 ...3000 кг?**

У автожирного ротора есть недостаток - необходимость одновременно иметь хорошие "ветряковые" свойства - для получения вращения от набегающего потока и, одновременно, хорошие тяговые характеристики - для создания вертикальной тяги. Иначе говоря, ротор автожира должен каким-то образом сочетать качества турбины и компрессора.

Компромисс между этими задачами приводит к тому, что в отличие от привычных "вертолетных" удельных нагрузок на ометаемую площадь в районе 20 кг/м<sup>2</sup> для автожира более характерны значения от 5 до 9 кг/м<sup>2</sup>.

**Идея использования экранного режима полета такого автожира позволит увеличить нагрузку на ротор - об этом мы писали в предыдущей статье.**

**Другая идея - не используемая почему-то в среде автожиро-строителей, но успешно освоенная вертолетостроителями и коптеростроителями - использование нескольких несущих систем.**

Не залезая в проблему работы автожирных винтов в продольной компоновке и отложив "на потом" экзотические варианты системы с числом роторов более двух, вспомним уже полученные в прошлом результаты, чтобы призвать на помощь мнения и опыт старших товарищей.

\*\*\*\*\*

**Почему Братухин остановился на поперечной схеме, сегодня остается лишь гадать.** Вполне возможно, это было продолжение разработки похожей машины в ЦАГИ, или к этому подтолкнули успехи немецкой фирмы "Фокке-Вульф", построившей ещё в 30-х гг. удачный FW 61. с двумя несущими винтами диаметром по 7 м. Самой известной публичной демонстрацией вертолета стал полет Ханны Райч под крышей зала берлинского Deutschland-halle в феврале 1938 г.

Успешные заводские испытания "Омега-2" завершились эффективными демонстрационными полетами вертолета перед высокой правительственной комиссией под руководством главного маршала артиллерии Воронова, наркома авиационной промышленности Шахурина и генерального конструктора Яковлева. Входившие в ее состав видные ученые, руководители авиационной промышленности и военачальники дали отличную оценку вертолету и выступили с предложением о запуске его в серийное производство и опытную эксплуатацию.

Вертолет "Омега" после замены двигателей на М-26ГР стал называться Г-4. Пришлось увеличивать почти на метр и диаметр несущих винтов с увеличением до 500 л.с. мощности новых моторов и взлетной массы до 3000 кг. Как в дальнейшем показали испытания - этого оказалось недостаточно и повышение нагрузки требовало еще большего увеличения диаметров винтов.

**В экспериментальных полетах на Г-4 была подтверждена способность к авторотации для поперечной схемы. Она оказалась вполне органична даже для высоконагруженных винтов.**

В частности, на Г-4 летчику Пономареву и инженеру Маицкому удалось выполнить впервые в отечественной практике на режиме авторотации ряд полетов. При этом скорость планирования достигала 160 км/ч, а вертикальная 12 м/с. Пробег после посадки со скоростью 80...90 км/ч не превышал 15 м.

Проблема масштабирования для винтокрылой техники является наисложнейшей, и те решения, которые великолепно находили себя для легких аппаратов, не могут быть однозначно применены для более тяжелых модификаций!

К проектированию пассажирского вертолета на базе Г-4 ОКБ И.П. Братухина приступило еще в 1945 г., но по мере разработки проекта превратился в полностью новую конструкцию, положившую основу новой гамме вертолетов конструкторского коллектива. Разработка пассажирского вертолета была



**FW 61**



**"Омега" Братухина в 1943 г. Казахстан**

Таблица 1

Модификация	Омега	Омега-2 (Г-4)	Б-5, Б-11 (Б-11М проект)
Диаметр несущих винтов, м	7	7,70 (7,70)	10,00 (14,00)
Длина, м	8,20	8,20	
Ширина, м	14,20	14,20	
Масса, пустого, кг	1760	1880	3398
Масса, макс. взлётная, кг	2050	2300 (3000)	4150 (5100)
Тип двигателя	2 ПД МВ-6	2 ПД МГ-31-Ф	2 ПД АИ-26ГРФ
Мощность, л.с.	2 x 220	2X 350	2 x 420-ном. / 2 x 550-взл.
Макс. скорость, км/ч	186	170	155/124- крейсерская
Практич. дальность, км	250	250	328
Практический потолок, м	700	3000	2550
Статический потолок, м	290	700	1200
Экипаж, чел	1	1	2 (3)
Полезная нагрузка:	1 пассажир	1 пассажир	6 пасс. или 700 (970) кг груза

официально задана постановлением правительства от 26 февраля 1946 г.

По своей принципиальной схеме Б-5 и его дальнейшие модификации: Б-10 и Б11 были аналогичны ранее построенным вертолетам "Омега", Г-3 и Г-4, но существенно отличался от них размерами, конструкцией, массой и внешним видом.

В заключении по заводским испытаниям отмечалось, что "Геликоптер связи Б-11 после произведенных доводок заводские испытания прошел удовлетворительно. Все агрегаты работали надежно. Надежность работы агрегатов подтверждена длительными ресурсными 100-часовыми испытаниями... Полученные летные характеристики соответствуют тактико-техническим требованиям на геликоптер связи... Геликоптер Б-11 благодаря большим габаритам фюзеляжа может быть использован как пассажирская, санитарная и грузовая машина".

Для повышения надежности и упрощения пилотирования в систему трансмиссии предполагалось также включить автомат постоянства оборотов винтов, соединенный с автоматом перехода на режим авторотации.

Планами дальнейшего развития машины предусматривалось переоборудование Б-11М по входившей в то время в моду схеме винтокрыла. Для этого предполагалось установить спереди мото-



Б-5/Б-11

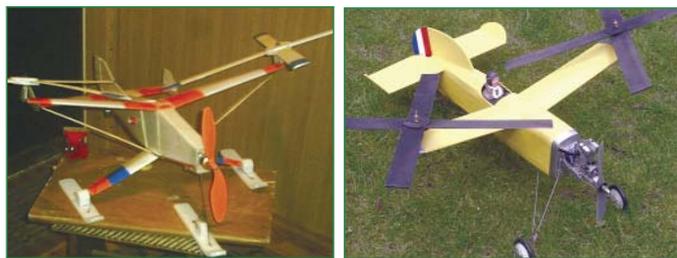
гондол тянущие воздушные винты. По мнению Братухина, развитая им поперечная схема наиболее оптимально подходила для винтокрылов.

Следующим шагом в развитии семейства машин на базе Б-11М было переоснащение их газотурбинными двигателями вместо поршневых. Однако и это предложение Братухина поддержки не получило. В тот момент руководители советской авиационной промышленности окончательно "поставили крест" на вертолетах двухвинтовой поперечной схемы.

\*\*\*\*\*

Наш сегодняшний авиамodelный опыт убедительно подтверждает возможность поперечной схемы для создания автожирных ЛА. Создано и успешно летает целая гамма таких автожиров.

Кстати: полагаем, что желание обходиться в винтокрылой машине вообще без крыльев, это - как и упомянутый лозунг - "Летать



Взлет с 3 - 4 метров при слабом ветре меня очень даже удивил. Вынос двигателя вниз оказался мал, и модель при полном газе лезла вверх под 45градусов к горизонту. Управляемость отличная, но модель настолько легкая, что ее постоянно сдувало. При 1/3 газа модель висела на одном месте. При отключенном двигателе я так и не смог понять: как снижается модель (ее уносило по ветру), при отклонении РВ вниз модель снижалась вертикально. Маневренность автожира меня порадовала: можно резко развернуться практически вокруг вертикальной оси модели. Попытки сделать петлю успехом не увенчались, т.к. модель просто сдувало (крен без элеронов выправлять нечем) На авторотации модель снижается очень медленно.

быстрее всех, дальше всех и выше всех" - тоже атавизм 30-х годов. И место ему в истории. Объясняем.

Сегодня многие вертолеты используют по разным причинам в составе несущей системы те или иные крылья - от Ми-6 до Ми-28.

Да и в "Теории автожира" Братухина [1] на эту тему сказано: "Качество несущей системы, состоящей из ротора и крыла выше чем у одного ротора"

Напомним, что и в проектах Дж. Картера все аппараты были снабжены крыльями.

#### § 5. 0 выборе площади и угла установки неподвижного крыла

Неподвижное крыло в автожире играет существенную роль, хотя в принципе и не является необходимым, так как автожир мог бы летать и без неподвижного крыла—при наличии бокового управления. Примером чего может служить французский автожир Люре—Оливье (фиг. 34).

Постановка неподвижного крыла выгодна прежде всего потому, что качество несущей системы, состоящей из ротора и крыла, выше, чем качество одного ротора. Кроме того, при соответствующем подборе площади и угла установки неподвижного крыла можно достичь почти одинаковых оборотов ротора на большом диапазоне полетных режимов. С точки зрения плавности работы ротора на всех полетных режимах и плавности перехода с одного режима на другой постоянство оборотов ротора является желательным, и американские конструкторы автожиров считают его одним из основных соображений при выборе площади и угла установки неподвижного крыла.

Если при выборе площади крыла ставить целью получение постоянных (или близких к постоянным) оборотов ротора при возможно большом диапазоне режимов горизонтального полета, то это можно приблизительно сделать следующим образом.

Число оборотов ротора определяется из уравнения:

$$G_0 = C_v \rho \pi R^2 V^2.$$

Подставляя в него вместо величины  $V^2$  ее выражение через угловую скорость ротора:

$$V^2 = \mu^2 \frac{(\Omega R)^2}{\cos^2 \alpha},$$

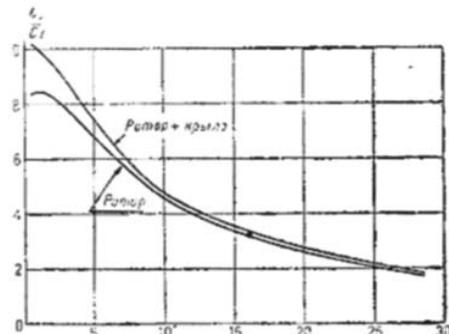
На фиг. 72 дано сравнение кривых качества ротора и несущей системы, состоящей из ротора и крыла, причем крыло имеет профиль серии А ЦАГИ, угол установки  $\alpha = 2^\circ$ , площадь крыла составляет 6% от площади, ометаемой ротором.

Из сравнения видно, что постановка неподвижного крыла увеличивает качество несущей системы автожира.

Если мы имеем дело с предварительным расчетом, то для получения полнры автожира необходимо подсчитать суммарное вредное сопротивление всех остальных частей автожира. Коэффициент его выразим так:

$$C_x^* = 0,64 \frac{\sigma}{\pi R^2}, \quad (52)$$

где  $\sigma$ —эквивалентная вредному сопротивлению пластинка.



Фиг. 72.

И практический опыт эксплуатации к этому подводит - при аварийных посадках А-7 крыло оказывалось не лишним.



**А-7-3а после посадки на крышу**

### Рождение Винтокрыла

В конце 1951 г конструкторы вертолетов и автожиров Н.И. Камов, В.В. Никитин и В.Б. Баршевский разработали принципиально новый тип летательного аппарата с вертикальными взлетом и посадкой, который получил имя "винтокрыл".

...в печати появились сообщения об опытах буксировки вертолетов самолетами в район операции с целью повышения дальности: при этом несущий винт вертолета авторотировал и топливо сохранялось на обратную дорогу. Пришла мысль соединить вместе самолет-буксировщик и подъемное устройство (то есть несущий винт, двигатель, трансмиссию) и таким образом обеспечить летательному аппарату вертикальный взлет и посадку и повысить дальность за счет аэродинамического качества. Получив одобрение Н.И. Камова и его заместителя В.В. Никитина, я сочинил очень короткое - буквально на половину страницы - письмо И.В. Сталину, где излагалась основная цель проекта и возможность его быстрого осуществления.

Подписанное тремя авторами письмо я отвез в Кремль. Это было в начале марта днем, а ночью Николай Ильич поднял меня с постели - ему только что звонил министр, получивший команду, очевидно, с самого верха...

Уже 22 мая 1952 г. готов эскизный проект, за два месяца спроектирована механизированная модель винтокрыла с несущими винтами от Ка-1 - и высокочастотным двигателем, осенью проводились ее испытания в Т-101. -

В.Б. Баршевский

Машина удостоилась положительной оценки специалистов - о чем говорит документ под названием "Заключение по предварительному проекту винтокрыла", утвержденный начальником ЦАГИ А.И. Макаревичем 15.01.52 г.

Конструкторы 9 февраля 1952 г. направили И.В. Сталину письмо. В нем говорилось, что вертолеты, наряду со своими замечательными взлетно-посадочными свойствами, имеют весьма ограниченные летные характеристики. Увеличение скорости, высоты, дальности и продолжительности полета вертолетов связано с преодолением серьезных трудностей, обусловленных особенностями работы несущего винта на режиме косо обдувки и малым аэродинамическим качеством этих машин.

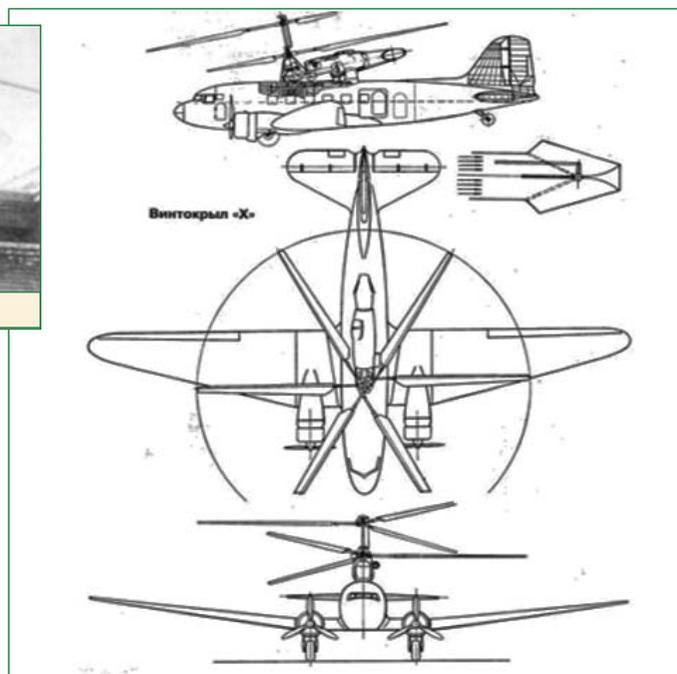
С другой стороны, самолеты, имея значительно более высокие летные характеристики, чем вертолеты, не обладают их уникальными взлетно-посадочными возможностями. Поэтому возникла идея объединить лучшие качества обоих. Чтобы ускорить и облегчить создание столь сложной комбинированной машины, конструкторы решили использовать в качестве основы самолет Ли-2, снабдив его дополнительной моторной установкой и несущими винтами.

В случае остановки дополнительного двигателя (преднамеренной или аварийной) дополнительная мотоустановка с несущими винтами автоматически поворачивалась. Несущие винты переходили на режим авторотации, и полет продолжался.

Однако проект реализован не был. Серийный выпуск Ли-2 прекращался, и этот самолет не мог служить базой для постройки винтокрылов. Нужны были и более мощные машины с новыми турбовинтовыми двигателями.

\*\*\*\*\*

В конце 1952 г. почти одновременно началась разработка вертолета Ми-6 и винтокрыла Ка-22. Оба летательных аппарата создавались под турбовинтовые двигатели на базе ТВ-2Ф мощностью 5900 л.с. Неизбежным становилось острое соперничество двух конструкторских коллективов, двух



**Проект винтокрыла на базе Ли-2**

конструктивных схем. К этому времени и Николаю Ильичу надоела роль соавтора...

На винтокрыле решили применить поперечную схему расположения несущих винтов и установить двигатели на концах крыла. Эта схема позволяет органически слить самолет и вертолет, обеспечить компактность силовых установок. Она является симметричной, а Николай Ильич Камов не устал подчеркивать преимущества симметрии машины для пилотирования. Кроме этого, в поперечной схеме целесообразно используются крылья в качестве опоры для несущих винтов и емкостей для топлива. У нее максимально эквивалентное удлинение и, следовательно, наибольшее аэродинамическое качество. Применение двух несущих винтов вместо одного винта удвоенной площади позволяет получить определенные весовые преимущества.

\*\*\*\*\*

Правда, у поперечной схемы была плохая репутация. Неудачи отечественных вертолетов И.П. Братухина, американских машин Мак-Донелл, Платт де Пейдж и других обычно связывали с сильными вибрациями, которые якобы являются органическим свойством данной схемы, однако, скорее всего, они связаны со сложной и развитой трансмиссией.

Еще одним недостатком схемы винтокрыла считалась невозможность (сложность реализации) осуществления переходного режима, когда мощность с несущих винтов передается на тянущие. Этот режим действительно не был изучен. У аппарата автожирной схемы такого полетного режима нет, но аэродинамическая раскрутка потоком воздуха на авторотирование идет с момента старта и сопровождает машину всю дорогу.

**Ка-22 в воздухе**



Очень сложным представлялось создание силовой установки и трансмиссии общей мощностью около 12 000 л.с, состоящей из двух двигателей, разнесенных на 23 метра и связанных между собой синхронизационным валом, которая способна передавать мощность на два несущих и два тянущих винта.

Несущие винты имели противоположные направления вращения, и их концы двигались над фюзеляжем от носа к хвосту, что при звуковой скорости их законцовок снижало уровень шума в кабине и напряжения в центроплане от звуковых волн.

Главное внимание коллектива создателей винтокрыла Н.И. Камов сосредоточил на конструировании скоростных несущих винтов, определявших возможность достижения комбинированным летательным аппаратом скорости 400...450 км/ч. На больших скоростях полета крыло аппарата должно было максимально разгрузить несущие винты, обеспечив малые коэффициенты сопротивления. Это позволяло иметь окружную скорость концов лопастей, равную скорости звука, а несущему винту работать на режиме, близком к режиму авторотации. Принципиально важным оказалось решение Н.И. Камова на больших скоростях полета машины сохранить на несущих винтах минимальную необходимую нагрузку, достаточную для демпфирования их колебаний и обеспечения устойчивого поведения при маневрировании.

Авиамоделирование (шире - экспериментальное моделирование с выполнением правил подобия) всегда должно предшествовать разработкам полноразмерных аппаратов.

С января по май 1953 г. была спроектирована, построена и отправлена в ЦАГИ механизированная модель винтокрыла в масштабе 1:7,25 с двумя электродвигателями по 100 кВт, приводящими два несущих винта диаметром 2,76 м. Первые испытания механизированной модели проводились в углу огромного помещения открытой части трубы Т-101 силами сотрудников отдела Сперанского. На модели установили несущие винты с 3-лопастными втулками. На максимальных оборотах - 1800 об./мин. - окружная скорость равнялась 260 м/с.

Затем всё же перешли на двухлопастные полужесткие несущие винты с общим горизонтальным шарниром - прообраз классического ротора АЖ.

В состав несущей системы входят крылья с двумя несущими винтами на их концах. Полет на малой скорости и вертолетная вертикальная посадка обеспечивались работой несущих винтов, которые производили необходимую тягу. Закрылки Ка-22 во время медленного полета и посадки поворачиваются вертикально на 90° с целью минимизации потери тяги в результате обдувки крыльев винтами. Чем выше скорость летательного аппарата, тем больше нагрузки в создании подъемной силы ложится на крылья. Так, на максимальных скоростях за счет крыльев создается около 90 % подъемной силы винтокрыла.

По мере увеличения скорости подъемная сила крыла возрастает, разгружая несущие винты. На крейсерских скоростях результирующая подъемная сила на 80...90 % создается крылом, пропульсивная сила несущих винтов имеет минимальное значение, а продольная сила практически полностью формируется тянущими винтами. Это позволяет достичь на винтокрыле существенно больших, чем на вертолете, скоростей полета. В испытательном полете винтокрыл развивал скорость 370 км/ч. Разгрузка несущих винтов на больших скоростях положительно сказывается на ресурсе агрегатов, узлов и систем, подвергающихся воздействию динамических нагрузок.

**Одним из главных недостатков Ка-22 были большие потери тяги от обдувки крыла потоком несущих винтов. Для автожира эти потери не существенны - его винт не обдувает крыло.**

Предпочтение отдали тяжелому вертолету Ми-6, который с конца 1959 г. запущен в серийное производство. Соревнование закончилось в этот раз победой вертолета...

\*\*\*\*\*

Однако необходимость дальнейшего роста полезной на-грузки и, соответственно, взлетной массы заставила конструкторов вернуться к разработке многовинтовых систем.

В нашем случае мы предлагаем вообще отказаться от передачи мощности на несущие винты или ограничиться мощностью предварительной раскрутки НВ, берущейся от бортовых электроаккумуляторов, а наиболее эффективным варианте - от компаунд - системы, использующей энергию выхлопных газов.

Наиболее вероятной схемой будущего сверхтяжелого вертолета В-12 в ОКБ-329 считали продольную, хотя рассматривалась и классическая - по типу Ми-6. Для изучения машин, сделанных по продольной схеме, Милю предоставили один из серийных Як-24 и закупленный в 1960 г. в США вертолет "Вертол" V-44.



Уяснив положительные и отрицательные стороны аппаратов продольной схемы, Миль в 1962 г. пришел к выводу о необходимости изменения компоновки вертолета и переходу к поперечной схеме. Определенную роль в этом сыграл и опыт создания винтокрыла Ка-22.

Много лет спустя, Миль скажет, что "винтокрыл Камова вновь обратил внимание вертолетного мира на поперечную схему, разработавшуюся в свое время с успехом Фоккером в Германии и Братухиным в СССР. Эта машина продемонстрировала преимущества поперечной схемы в дальности полета и грузоподъемности, особенно при взлете с разбегом, которые она таит в себе при удачном конструктивном решении".

Желание уменьшить габариты машины привело к расположению винтов с перехлестом. При этом возрастал уровень шума в кабине и для его снижения пришлось потратить немало времени, выбирая направления вращения винтов. От последнего зависели и характеристики управляемости вертолета.

В работе над Ми-12 Генеральному конструктору пришлось вспомнить свои старые работы по управляемости. Он рассмотрел аэродинамические силы и моменты, действующие на вертолет при вращении винтов в двух направлениях: от фюзеляжа наружу - так называемый тип "брас" и в противоположном - тип "бабочка".

Миль пришел к выводу, что в случае вращения винтов по схеме "брас" вертолет более управляем, (но у нас не вертолет а винтокрыл!) хотя многие специалисты настойчиво подталкивали его к выбору направления вращения винтов извне к фюзеляжу. Несмотря на успешные полеты вертолета, М.Л. Миль так и не удалось убедить оппонентов в своей правоте.

Пилотирующий его летчик В. П. Колошенко рассказывал, что вертолет устойчиво летал с брошенной ручкой управления от трех до семи минут!

Он запомнил и необычные для вертолетчика ощущения: не было мелькания перед глазами лопастей винта, вибраций и шума: "Я будто плыл на огромном корабле". И все это благодаря тому, что двигатели удалены от кабины и число оборотов несущих винтов втрое меньше, чем у других вертолетов.

Большое внимание уделялось снижению вибраций машины, которые, как известно, привели к прекращению работ по вертолетам Братухина и Як-24. Объем исследований, по сравнению с предшественниками, возрос многократно...

Впрочем, овчинка стоила выделки: полученные результаты подтвердили необходимость научно-экспериментального обеспечения работ по созданию новой уникальной техники.

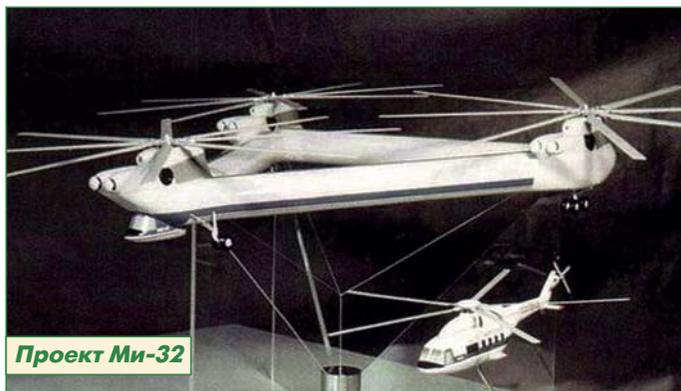
... Может, чем больше винтов - тем лучше?

Кроме того, продолжались исследования и по шестивинтовому вертолету грузоподъемностью 40 т. Эту машину, получившую обозначение В-16, поначалу предлагали сделать по трехвинтовой схеме на базе тех же агрегатов от Ми-6, исходя из необходимости транспортировать неразъемные грузы. С В-16 даже предлагали запускать баллистические ракеты, превратив вертолет в мобильную стартовую позицию.

В середине 70-х годов в КБ Миля появился проект сверхтяжелого вертолета очень необычной схемы, который получил индекс Ми-32. Главный конструктор М.Н. Тищенко решил проектировать вертолет трехвинтовой схемы на основе систем Ми-26. Выбор такой схемы был обусловлен требуемой грузоподъемностью в 55...60 тонн.

В 1982 г. проект на создание уникальной 3-винтовой транспортной машины был готов.

Но до "железа" дело так и не дошло, а вот фирма Cierva,



Проект Ми-32

строившая ранее только автожиры воплотила проект 3-винтового вертолета - Воздушную (Летающую) Лошадь.

Еще 7 декабря 1948 года впервые взлетел самый крупный в мире на тот момент вертолет W.11 Air Horse . В его фюзеляже стоял мотор Merlin с приводами на три больших трехлопастных несущих винта, установленных на консольных балках, выдающихся вперед и в стороны из фюзеляжа прямоугольного сечения.

В пассажирской версии W.11 мог перевозить 24 человека.



W.11 "Air Horse" фирмы Cierva ("Воздушная лошадь")

Также предусматривалась работа в качестве скорой помощи, воздушного крана и распылителя химических реагентов в сельском хозяйстве. С грузом в 3000 кг инсектицидов вертолет W.11 оказался довольно удачным летательным аппаратом для опыления полей. Проведенные после первого полета испытания показали многообещающие результаты

\*\*\*\*\*

Попробуем представить, какими же качествами должен обладать перспективный ЛА для индивидуальной (распределенной) транспортной системы размерности 4 - 9 пассажиров?

1. Крейсерская скорость - 120...150 км/ч (с максимальной - до 200 км/ч)
2. Взлетно-посадочная скорость от 30 до 40 км/ч (с такой скоростью можно бегать или ездить на велосипеде)
3. Низкие стоимости создания и эксплуатации (в том числе - минимальные топливные расходы - применение газового топлива).
4. Безаварийное прекращение полета с любой скорости

движения в случае отказа систем (вплоть до тягового двигателя) и посадка на необорудованные площадки при прекращении полета.

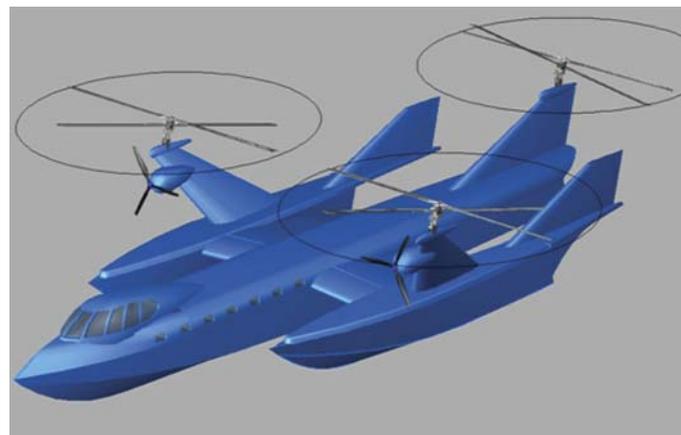
5. Амфибийность (как на минимальной - хоть ползком, так и на взлетно-посадочной скорости).

6. Минимальные шумовые и вибрационные нагрузки.

7. Максимальная устойчивость к неблагоприятным погодным изменениям (всепогодность).

\*\*\*\*\*

В автожирной версии перспективный амфибийный 3-х роторный прототип может выглядеть, например, так...



\*\*\*\*\*

PS: В наше время мировой тренд перспективных разработок вертолетов движется в сторону создания аппаратов мультивинтовой схемы с ещё большим количеством несущих винтов.



Oktokopter



E-Volo-03



Volocopter

Литература

1. И.П. Братухин. Автожиры. Теория и расчет. Госмашметиздат, 1934, 110 стр.
2. Г.И. Кузнецов. ОКБ Н.И. Камова. Издательство: Центр Авиации и Космонавтики 1999
3. А.И. Акимов. "Аэродинамика и летные характеристики вертолетов", 1988 г., Изд-во "Машиностроение"
4. "Уголок неба". Электронная энциклопедия, <http://www.airwar.ru/index.html>
5. "Крылья Родины", Национальный авиационный журнал, 11-12. 2018, стр. 58.

Связь с авторами: [lio-z@mail.ru](mailto:lio-z@mail.ru)