

И.Б. СОЛОДНИКОВ

# ТАЙНА АВТОЖИРА МОНОГРАФИЯ



Пермь  
2015

**И. Б. Солодников**

# **Тайна автожира**

*Монография*

Луцк  
Вэжа-Друк  
2015

УДК 629.7

ББК 39.54

С 83

**Рецензенты:**

*Нихамкин М. Ш.* – доктор технических наук;

*Григорьев А. А.* – кандидат технических наук.

**Солодников И. Б.,**

С 83 Тайна автожира : монография / И. Б. Солодников. – Луцк : Вэжа-Друк, 2015. – 180 с.

Хотите ли Вы летать свободно как птица? Над домами, над деревьями или, поднявшись на два – три метра, пролетать без усталости многие километры? Чтобы болота, овраги, реки, озера можно было преодолевать быстро или не торопясь, рассматривая травинки и рыбок? Такие возможности предоставляют автожиры, известные уже восемьдесят лет. В среднем новая конструкция появлялась раз в два года и создатель практически каждой, собирался наладить серийное производство. Тайна в том, что опытные образцы могли хорошо летать, некоторые даже прошли все испытания, но производство не начинали или начав, сразу останавливали. Автор бережно собрал все данные об этих машинах, какие можно было найти и отдает их Вам, создайте серийный автожир, дайте людям счастье свободного полета.

E-mail: Солодников И. Б. [inform-dragon@rambler.ru](mailto:inform-dragon@rambler.ru)

Автор выражает сердечную благодарность Леониду Козярчуку за содействие и помощь в издании книги.

**УДК 629.7**

**ББК 39.54**

© Солодников Игорь, 2015

© Арасланов Сергей, 2015

© Козярчук Леонид, 2015

## Содержание

Предисловие .....	6
Автожиры с прыжковым взлетом как пассажирский транспорт будущего .....	7
1. Автожиры как вид транспорта .....	11
1.1. Автожиры как экзотический летательный аппарат .....	11
1.2. Ограничения и недостатки автожиров первых поколений... 11	
1.3. Достоинства и возможности автожиров..... 15	
1.4. Автожиры в России – с каждым годом все больше .....	19
1.5. Итоги и выводы..... 21	
1.6. Источники..... 22	
2. Каталог автожиров взлетающих с места .....	22
2.1. Автожиры, взлетающие с места .....	22
2.2. Период Сиервы .....	23
2.3. Второй период..... 35	
2.4. Современные автожиры с прыжковым взлетом .....	37
2.5. Немного статистики .....	82
2.6. Источники..... 83	
3. Экспресс-оценка параметров автожира..... 85	
3.1. Роль оценки параметров в процессе конструирования..... 85	
3.2. Диаметр несущего винта..... 86	
3.3. Коэффициент заполнения и хорда лопасти несущего винта 88	
3.4. Масса лопастей несущего винта .....	89
3.5. Втулка несущего винта .....	89
3.6. Мощность двигателя .....	90
3.7. Диаметр пропеллера .....	91
3.8. Хвостовое оперение..... 92	
3.9. Шасси..... 95	
3.10. Компоновка .....	96
3.11. Центровка .....	97
3.12. Воплощение полученных оценок в технических требованиях .....	99
3.13. Источники..... 99	
4. Тяжелые легкие лопасти .....	100

4.1. Противоречивые требования к лопастям.....	100
4.2. Решение Д. Картера .....	102
4.3. Вариант Д. Дегро.....	104
4.4. История автожира «Авиан».....	106
4.5. Автожиры с изменяемой геометрией лопастей несущего	
винта .....	112
4.5.1. Общие положения .....	112
4.5.2. Kaman KSA-100 .....	112
4.5.3. Вертолет «Юла» .....	113
4.5.4. Патентные предложения.....	114
4.6. Приемы получения лопастей с нужными свойствами.....	115
4.7. Источники .....	116
5. Миф о втулках несущего винта .....	117
5.1. Роль втулки несущего винта .....	117
5.2. Втулка с фиксированным шагом .....	119
5.2.1. Автожиры И. Бенсена В-7М и В-8М.....	119
5.2.2. Втулка несущего винта.....	122
5.3. Автодинамическая .....	124
5.3.1. Автожир Вейра W-3.....	124
5.3.2. Втулка несущего винта.....	127
5.4. Звёздочка.....	129
5.4.1. Автожир Хафнера AR-III.....	129
5.4.2. Втулка несущего винта.....	133
5.4.3. CGD/T.....	137
5.4.4. Втулка несущего винта.....	139
5.5. Втулка НВ с автоматом перекоса Юрьева.....	140
5.5.1. Прыжковый автожир МАИ-205.....	140
5.5.2. Втулка несущего винта.....	143
5.5.3. Автожир Р-14М .....	144
5.5.4. Втулка НВ .....	145
5.5.5. Автожир Lfino.....	146
5.5.6. Втулка нВ.....	147
5.6. Втулка НВ с половинкой автомата перекоса Юрьева, с тарелкой под лопастями.....	148
5.6.1. Air & Space 18А.....	148

5.6.2. Втулка несущего винта .....	150
5.7. Втулка НВ с половинкой автомата перекоса, коромыслом над лопастями .....	150
5.7.1. Автожир «Поло» .....	150
5.7.2. Втулка несущего винта .....	153
5.8. Выводы .....	158
5.9. Источники.....	160
6. Особенности шасси автожиров с прыжковым взлетом .....	160
6.1. Шасси как элемент конструкции.....	161
6.2. Анализ опыта .....	161
6.2.1. Шасси самолётов .....	161
6.2.2. Шасси вертолетов .....	162
6.2.3. Шасси автожиров.....	166
6.2.3.1. Виропланер.....	166
6.2.3.2. Автожир «Друг Wal-5» .....	167
6.2.3.3. АМ-1.....	168
6.2.4. Шасси автожиров с прыжковым взлетом.....	169
6.2.4.1. Aisa GN .....	169
6.2.4.2. А-002 .....	169
6.2.4.3. АС-35 .....	170
6.2.4.4. We-04 .....	171
6.2.4.5. МАИ-205.....	171
6.2.4.5. МАИ-205.....	172
6.2.4.7. CarterGyro .....	172
6.3. Выбор схемы .....	172
6.4. Оценка параметров .....	173
6.5. Колея и база.....	175
6.6. Выработка требований к шасси .....	176
6.7. Источники.....	177
Крылья человечества .....	178

## Предисловие

Одной из основных целей преследовавшихся при публикации данной работы было привлечение внимания руководителей авиационной промышленности и силовых ведомств к данному направлению исследований. Россия все еще остается великой авиационной державой, однако, в отличие от ряда государств, пока не может продемонстрировать автожир с прыжковым взлетом.

Хотя бы небольшая серия таких аппаратов позволит пожарнику быстро добраться до очага возгорания. При необходимости, вызванной например, изменением ветра или обрушением конструкций, этот же автожир позволит ему переместиться в безопасное место. Гаишник сможет быстро попасть к месту аварии, если даже дорога запружена автомобилями. По небу можно перемещаться по прямой и невзирая на бездорожье. Кстати, скорость автожира, повыше, чем у автомобиля. Пограничникам гораздо легче будет перебираться через овраги, реки, горы и прочие препятствия, да и видно все сверху лучше. А догнать корабль-нарушитель можно очень быстро.

Цена автожира с прыжковым взлетом при современных методах проектирования и изготовления, может быть очень невысокой, раз в сто ниже стоимости боевого вертолета. Если на автожирах летают и не падают плохо подготовленные любители, то профессионалы тем более смогут управиться с такой машиной.

Проблема заключается в том, что прежде чем использовать автожиры с прыжковым взлетом, надо разгадать их тайну, понять, почему простая и эффективная конструкция за много десятилетий, несмотря на активные усилия признанных гениальных авиационных конструкторов Сьервы, Камова и Бенсена и огромного количества талантливых и просто хороших инженеров, не выпускается серийно. При этом самолеты, вертолеты, дельтапланы, парaplаны, дирижабли и прочие летательные аппараты, даже автожиры, взлетающие с разбегом, изготавливаются сериями.

Ряд автожиров с прыжковым взлетом прекрасно проходил испытания, получал разрешения на производство, и все останавливалось, едва начавшись. Тайна требует разгадки.

### **Автожиры с прыжковым взлетом как пассажирский транспорт будущего**

Существуют различные виды транспорта: наземный, водный, воздушный. Универсальным, т. е. позволяющим добраться до любой точки на поверхности планеты, является только воздушный транспорт, только летательные аппараты могут легко преодолевать овраги, болота, горы, леса, водные пространства или ледяные пустыни. Основная триада воздушного флота – это самолет, вертолет и автожир. Другие летательные аппараты, которых, кстати, немало, настолько сильно зависят от метеорологических условий, что являются скорее развлечением, чем транспортом. Есть, правда, еще различные вполне успешные гибридные летательные аппараты, такие как винтокрылы, конвертопланы, есть особые конструкции самолетов, вертолетов, которые заслуживают отдельного рассмотрения.

В истории автожироостроения можно выделить три периода:

- период Х. де ла Сьервы;
- время И. Бенсена;
- период новых автожиров взлетающих с места.

Мировая история автожироостроения началась с того, что начинающий испанский авиаконструктор Хуан де ла Сьерва решил построить машину, которая никогда не будет падать, и, при отказе двигателя в полете, плавно снижаясь, мягко опустится на землю. Так в 1920 г. Был построен первый в мире автожир С-1. В последующие 10 лет автожиры налетали около 90 тыс. часов, и ни один человек, пилотирующий их, при этом не погиб, чего нельзя сказать о пилотах самолетов тех времен.

Мировая общественность с интересом следила за успехами Испании. В 1928 г. Советский инженер Николай Иванович Камов ознакомился со статьями Сьервы и загорелся идеей автожиро-

строения. В 1929 г. пробный полет совершил первый советский автожир КАСКР-1.

В 1935 году появились автожиры с прыжковым взлетом, которым не нужна была взлетно-посадочная полоса, а достаточно было площадки, размер которой был чуть больше диаметра несущего винта автожира. В 1936 г. широкой публике были продемонстрированы первые автожиры с вертикальным (прыжковым) взлетом, как логическое завершение развития конструкции автожира, и вслед за этим событием по всему миру начали появляться десятки конструкций, которым для взлета не требовалась взлетно-посадочная полоса.

Летно-технические характеристики (ЛТХ) самолетов обогнали ЛТХ автожиров уже в начале 30-х годов двадцатого века. Скорость автожиров не превышала 250 км/ч, они были неповоротливы, постоянно ломались и требовали для ремонта заводских условий. Самолеты в то же время показывали фигуры высшего пилотажа, летали со скоростями до 600 км/ч, были неприхотливы и их успешно ремонтировали в полевых условиях. К забвению успехов автожиров первого колена привело то, что во время Второй мировой войны только Германия смогла использовать автожир в боевых целях. Автожир-змей Fa-330 не только не обладал прыжковым взлетом, но даже не имел двигателя. Послевоенные успехи вертолетов вовсе затмили успехи автожиров 20-х – 30-х годов.

Вторая волна развития автожиров началась благодаря работам И. Бенсена, который упростил и удешевил конструкцию, отказался от прыжкового взлета. После этого у тысяч американцев появилась возможность строить автожиры самостоятельно.

В Советском Союзе в начале 70-х годов на фирме «Камов» была создана группа А. Г. Сатарова, которая пыталась создать гибрид дирижабля и автожира. Были усовершенствованы расчетные методы, однако, образец так и не был построен.

К концу двадцатого века российские авиационные идеологи сочли, что далее игнорировать успехи автожиров невозможно и в 1998 году в Соединенные Штаты была направлена группа специалистов. После трех месяцев изучения американского опыта

они привезли на родину два автожира «Доминатор», конструкцию которого они признали лучшей из всех увиденных.



Рис. В.1. Двухместный «Доминатор»

После этого в русскоязычном сегменте интернета была развернута просветительская кампания, конструкции автожиров представлялись на различных авиационных выставках. В результате на текущий момент в России имеется 70 автожиров. Несмотря на неоднократные попытки создания автожиров с прыжковым взлетом, реально таких конструкций в эксплуатации в России пока нет.

Первым автожиром третьего поколения можно считать CGD/T американской фирмы Carter Aviation Technologies. Высота его прыжка достигала 50 м. Однако целью компании является создание летающих автомобилей на 4-6 мест.

Первые самолеты постоянно падали, их надо было чинить, причем нередко в полевых условиях. Конструкции новых самолетов разрабатывались с учетом опыта. Осторожное развитие автожиров имело свою негативную сторону: слабые места их аэродинамики и конструкции проявлялись медленнее и развитие этого класса летательных аппаратов существенно замедлялось. Уже к концу 30-х годов двадцатого века, летно-технические характеристики самолетов

заметно обгоняли показатели автожиров. Соответственно и тиражи выпуска самолетов постоянно росли, их использование все время расширялось.

Вертолеты начали строить почти одновременно с самолетами, но добиться их устойчивого полета удалось лишь в начале Второй мировой войны.

Война жестко показала, что ни автожиры, ни вертолеты не готовы к использованию в боевых условиях, самолеты же развивались стремительно и стали основным классом летательных аппаратов.

Тридцать лет постоянных усилий заставить вертолеты устойчиво держаться в воздухе, привели к их бурному развитию с конца 40-х годов. За последующие тридцать лет новые конструкции появлялись почти ежегодно, тиражи выпуска постоянно росли, область применения непрерывно расширялась. Только рост цен на топливо, расход которого у вертолетов существенно выше, чем у самолетов стал постепенно тормозить появление новых конструкций.

Экономичность самолетов при полетах на дальние расстояния и ускоряющийся темп жизни вели к развитию гражданской авиации, когда в небе одновременно находились сотни, а потом и тысячи машин. Однако рост стоимости аэродромов стал замедлять темпы и в этой отрасли, а потребность в машинах безаэродромного базирования, становилась все острее. К этому же подталкивал растущий темп жизни и, главное, интерес людей к перемене мест, желание увидеть своими глазами новые места.

Особенность автожира заключается в том, что он в силу своей конструкции не может быть большим. Это подтверждают многочисленные попытки построить большой автожир, предпринимавшиеся на протяжении десятилетий. В то же время, попытки построить винтокрыл или конвертоплан, на котором могли бы лететь человек 40 – 50 были успешными.

Автор выражает свою искреннюю благодарность:

Л. Л. Козярчуку, собравшему прекрасную коллекцию статей об автожирах с прыжковым взлетом,

В. В.Шумейко, за консультации, в которых он рассказал о самых современных автожирах с прыжковым взлетом.

## **1. Автожиры как вид транспорта**

### **1.1. Автожир – экзотический летательный аппарат**

В общем парке разнообразных воздушных судов автожиры, пожалуй, одни из наиболее экзотических аппаратов, их намного меньше, чем самолетов или вертолетов. Тем не менее, в России автожиров становится все больше. Потому что больше людей, которые хотят летать на них. Или строить и летать.

### **1.2. Ограничения и недостатки автожиров первых поколений**

Автожиры первых двух поколений имели недостатки и ограничения:

- низкая надежность и ремонтпригодность;
- потребность во взлетно-посадочной полосе;
- неповоротливость;
- неэкономичность.

Автожиры первого поколения имели достаточно сложную конструкцию и технологию изготовления. Неудивительно, что они часто ломались и для ремонта требовали хорошего оборудования, качественных материалов и других условий. Пока они были в статусе экспериментальных машин, а время было мирным, на это не обращали внимания. В военное время все изменилось, и невозможность использования автожиров в боевых целях, привела к отказу военных от финансирования развития этой отрасли.

Первые автожиры, как и самолеты, должны были бежать по взлетной полосе. Появление автожиров с прыжковым взлетом избавило их от жесткой привязки к аэродромам с их взлетными полосами. Однако малая высота прыжка, делавшая такой взлет опасным, привела к тому, что появившиеся позже автожиры второго поколения прыгать не могли. При отсутствии системы предварительной раскрутки несущего винта в безветренную погоду длина разбега может достигать 200 м. Хорошая система раскрутки сокращает это расстояние до 70 м, а встречный ветер более 7 м/с делает возможным взлет с места без разбега.



Рис. 1.1. Spinus – российский клон «Доминатора»

Называть автожир спортивной машиной можно только с натяжкой, ведь основное качество спортивной машины – маневренность. Самолет может свечкой уйти в небо, перевернуться, сделать бочку, и многое другое. Причем все это он делает на высоких скоростях. Вертолет может остановиться в любой точке полета, зависнуть и изменить траекторию, начать двигаться вверх, вниз, назад, вправо или влево. Стоит заметить, что начать движение в новом направлении он может, не меняя положения корпуса. Особенно наглядно движение хвостом вперед. Возможности автожира на этом фоне очень скромны. Горка в  $30^0$  для него предел, он не может перевернуться или показать какую-либо фигуру высшего пилотажа. Он также не способен лететь хвостом или боком вперед. Правда, он не чувствителен к экрану земли и его легко пилотировать на малых высотах, но, следует признать, что по маневренности он значительно уступает самолету и вертолету.

Вращающиеся лопасти обеспечивают 90% сопротивления поступательному движению автожира. Это объясняет почему расход топлива на скоростях до 200 км/ч у вертолетов и автожиров

почти совпадает. Правда, на режимах взлета и зависания вертолету требуется большая взлетная мощность, и расход топлива в такие моменты почти вдвое превышает расход топлива на марше. Однако, вертолет находится в таких режимах недолго, и они не оказывают существенного влияния на средние величины расхода топлива. При росте скоростей выше 200 км/ч экономичность автожирного полета по сравнению с вертолетным режимом быстро нарастает, ввиду того, что сказывается меньший угол атаки лопастей автожира. Эта же причина лежит в основе того, что автожирам доступны скорости до 600 км/ч. Самолеты еще более экономичны. Если взять самолет, вертолет и автожир одинаковой взлетной массы, то для первого из них потребуется двигатель меньшей мощности. Разница составляет 20-30%, что сказывается на уменьшении эксплуатационных расходов.

Разочарование авиационных конструкторов в автожирах первого поколения было сформулировано в начале 60-х годов во фразе: «Автожиры соединили в себе недостатки самолета и вертолета». Это высказывание до сих пор повторяют некоторые преподаватели авиационных ВУЗов, вкладывая в него следующий смысл: «Требует взлетной полосы как самолет и прожорлив как вертолет».

Для решения проблемы зависания автожира подобно вертолету в одной точке в конце 90-х годов появились автожиры с подкруткой несущего винта в полете.

Несмотря на почти столетнюю историю никому пока не удалось создать автожир со взлетной массой в несколько тонн, хотя вертолеты массой от двух до пяти тонн давно занесены в категорию легких. Размеры самолетов еще более разнятся, чем размеры вертолетов, а взлетная масса автожиров так и осталась менее полутора тонн. При этом гибридные машины с автожирным винтом появлялись и довольно успешно летали. Достаточно вспомнить Ка-22 или Rotodyne. Однако конвертопланы – это совсем другой класс летательных аппаратов.



Рис. 1.2. «RAF 2000» – автожир с опасной центровкой



Рис. 1.3. «Адель»

### . 1.3. Достоинства и возможности автожиров

Автожир имеет много достоинств:

- безопасность;
- легкость и удобство управления;
- прыжковый взлет;
- любовь к ветру;
- устойчивость к турбулентности;
- простота конструкции;
- скорость;



Рис. 1.4. «Охотник» - трехместный автожир

- высокий уровень полезной нагрузки;
- экономичность.

После начального периода развития автожир продолжал на практике доказывать свою высокую безопасность. Например, за 80 лет полетов в России известно только о двух падениях автожиров с человеческими жертвами, и это притом, что все машины имели статус экспериментальных. Для сравнения можно указать, что самые распространенные в мире сертифицированные вертолеты

Robinson R-22 только за последние десять лет падали в России около десяти раз.

Количество жертв аварий легких самолетов в процентном соотношении также значительно превосходит аналогичные показатели автожиров. Такой высокий уровень безопасности автожира по сравнению с вертолетом объясняется тем, что первый всегда находится в режиме авторотации, а второй при появлении аварийной ситуации летчику необходимо мгновенно перевести в такой режим, причем, как печально шутят летчики, сделать это надо за секунду до появления аварийной ситуации. Если при посадке сверхлегкого самолета прошел боковой ветер 12 – 14 м/с, то машина превращается в «дрова». Автожир при ветре до 20 м/с легко садится против ветра.



Рис. 1.5. «Инспектор»

Несущая система автожира обладает высокими адаптивными способностями. Машина летит сама и пилот лишь иногда должен подправлять ее, наклоняя в нужную сторону тюльпан ротора и вновь возвращая его в исходное положение. На вертолете пилот ежесекундно должен двигать ручки управления и изменять

положение машины, стремясь удерживать ее в воздухе. Хорошо отрегулированный самолет, которому не надо менять траекторию полета, позволяет пилоту на короткое время отпустить штурвал. Только автожир летит настолько устойчиво, что позволяет пилоту параллельно заниматься чем-то другим, например, наблюдением.

Способность прыгать на достаточную для обеспечения безопасности высоту обрели лишь автожиры третьего поколения, появившиеся в двадцать первом веке. Очень важной является возможность использовать для взлета и посадки площадки, соизмеримые с диаметром несущего винта, ведь именно это свойство привело вертолеты к бурному развитию. Следует также отметить, что прыжковый взлет экономичнее вертолетного. Он, как показали испытания, требует примерно вдвое меньшей мощности двигателя. Кроме того, вертолет при взлете весьма неустойчив, тогда как автожир во время прыжка не теряет устойчивости, и задача конструктора заключается в организации безопасного перехода от прыжка к маршевому полету. Это означает, что высота прыжка должна быть достаточной для набора необходимой горизонтальной скорости.

Согласно летным правилам при ветре более 7 м/с все сверхлегкие летательные аппараты должны находиться на земле. Но именно такой ветер является достаточным для взлета с места обычного автожира, не имеющего способности к прыжковому взлету. В России многие любители автожиров летают в ветреную погоду и, исходя из длительной практики, можно считать доказанным, что различные конструкции автожиров могут летать при ветре до 20 м/с.

Турбулентные потоки опасны для всех летательных аппаратов. Известны даже случаи, когда в мощных потоках терпели катастрофы аэробусы. Из сверхлегких летательных аппаратов только автожиры более устойчивы к турбулентности. Это объясняется тем, что крыло самолета движется навстречу воздушному потоку со скоростью машины, а у несущего винта автожира эта скорость возрастает из-за оборотов несущего винта. Чем обороты больше и лопасти винта короче, тем лучше машина переносит порывы ветра и турбулентные потоки. Неожиданно, но в

бурю наиболее устойчивым будет маленький автожир с мощным мотором, хотя машину с небольшой взлетной массой ветер может просто сдувать.

По сложности конструкции современные автожиры проще самолетов и вертолетов. Требования к точности изготовления деталей, количество деталей – по этим показателям автожир существенно экономичней по сравнению с самолетом и вертолетом. Даже втулка несущего винта автожира с прыжковым взлетом – это упрощенная втулка вертолета. Редукторная часть вертолета также значительно сложнее, чем у автожира, ведь она работает на всем протяжении полета, а система раскрутки несущего винта автожира только перед взлетом.

Комфорт в полете на вертолете часто выше, чем на автожире. Практически все современные вертолеты сверхлегкого класса и больше снабжаются кабинами. Автожиры и некоторые самолеты нередко летают без кабин и даже без обтекателя. Люди, летающие на автожирах, мирятся и с высоким уровнем вибрации, который, правда, обычно не выше, чем на сверхлегком вертолете, а часто и ниже.

Теоретический предел скорости вертолета классической схемы составляет 400 км/ч, автожира – 600 км/ч. Это связано с тем, что 90% лобового сопротивления дают лопасти несущего винта. У автожира стандартный полетный угол  $2-4^{\circ}$ , а у вертолета –  $4-6^{\circ}$ . Соответственно, срыв потока на вертолетных винтах наступает при меньших скоростях. Правда, следует оговориться, что данных о реально существующих автожирах, летающих со скоростями более 280 км/ч у нас нет. С другой стороны, это говорит о недостаточном уровне развития конструкций автожиров.

Одним из важнейших экономических показателей для любого транспортного средства является уровень полезной нагрузки. Машина считается удачной с экономической точки зрения, если полезная нагрузка близка к 50%. Из вертолетов только машины с реактивными двигателями на концах лопастей позволяют довести полезную нагрузку до 65%, т.к. им не нужен редуктор. Но расход топлива у них настолько велик, что они эффективны лишь на

расстояниях до 100 км. Автожиры позволяют довести полезную нагрузку до 75%. Поршневые двигатели, обычно используемые на них, экономичнее реактивных, поэтому им необходим небольшой запас топлива.

Установка кабины и других средств повышения комфортности полета приводят к снижению показателя полезной нагрузки. Известны уникальные экспериментальные самолеты, у которых этот коэффициент более 80%. Но, как правило, у самолетов он не превышает 50%. В целом, автожир является лидером по этому показателю среди самолетов и вертолетов.

Если рассматривать полет с экономической точки зрения, то расходы складываются из трех составляющих: амортизации; оплаты труда пилотов; расходов на ГСМ. В классе сверхлегких машин самый экономичный – самолет, после него стоят автожир и вертолет. Самолетный двигатель имеет на 20-30% меньшую мощность, соответственно, его цена меньше, ниже и амортизационные расходы и затраты на ГСМ. Автожир дешев, и на него ставят двигатель меньшей мощности по сравнению с вертолетом. При скоростях более 250 км/ч лобовое сопротивление автожира меньше примерно на 25% из-за меньшего угла атаки, что также приводит к сокращению расходов на ГСМ. В классе ранцевых известны лишь вертолеты и проекты автожиров. Ранцевые вертолеты тихоходны и имеют очень малую дальность полета, тогда как автожиры с прыжковым взлетом обещают очень высокие экономические показатели.

#### **1.4. Автожиры в России – с каждым годом все больше**

На просторах России образовалось интерактивное сообщество любителей автожиров. Инициатором стал «Аэроклуб Мистера Твистера». На страничке сайта этого клуба [1] опубликована карта,

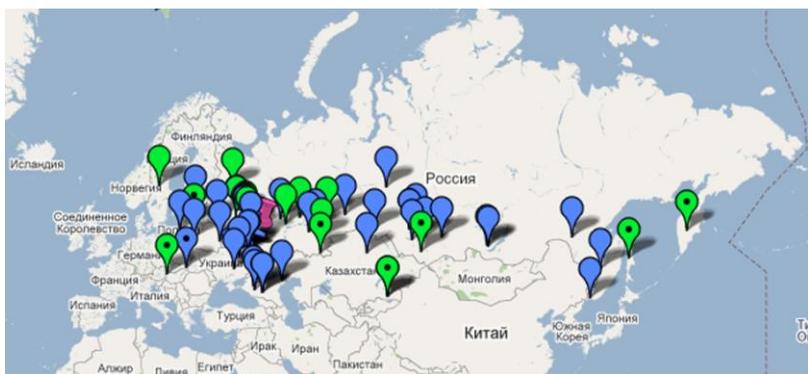


Рис. 1.6. Карта России с указанием групп любителей авиожиров на которой показаны базы, где разрабатывают, строят или эксплуатируют авиожеры различных типов. По состоянию на февраль 2010 г. Учтено 70 аппаратов. Причем, в это число не включены безнадежные или закрытые, по оценкам клуба, проекты (например, разработка начала 90-х годов – авиожер «Ратник» ООО «Камертон-Н» из Щелково), авиожеры, вывезенные из России, или безнадежно потерянные (например, экспериментальный «Охотник»).

Первым в этом списке стоит авиожер «Друг» В. Александрова (Тверь), один из немногих аппаратов, летавший до 1999 г. Затем перечислены «Доминаторы» (появились в России в 1999 г. В Воскресенске) и его модификации, в частности, «Твист» – версия, построенная в «Твистер-клубе». Перед упоминанием RAF-2000 сделано предупреждение о его чрезвычайной опасности в эксплуатации. Но в свое время этот авиожер был очень популярным в мире, и несколько машин этого типа, а также вариации на тему летают в нескольких городах. Авиожеры АМ-1 и АМ-2 компании «Аэромеханика», «Авиатика-МАИ-890А» и «МАИ-208» ОСКБЭС МАИ, «Охотник» Виктора Шумейко (ООО «Аэро-Астра»), «Адель», «Егерь», «Фермер» В. Устинова (ООО «Гирос»), А-002 «Иркут» (НПО «Иркут»), «Инспектор», спроектированы, разрабатывают, а в отдельных случаях и намерены выпускать серийно на российских предприятиях. Перечислены клубные и авторские разработки, летающие или находящиеся на стадии испытаний: «Допплер» А. Русака, «Рыжик»

Юрия Корнеева из Сергиева Посада, «Чижик» Spinus (SparrowHawk), UFO Helithruster, AirScooter, Gyrobee, AirCommander 582, автожиры клуба «Вираж» из Омска», А. Сауткина из Люберец, Юрия Тиссена из клуба «Дальний Восток» (Владивосток), «Интер» из Ессентуков, разработки Ивана Маковки из Минусинска и А. Лазарева из Подмосковья. Автожиры строят авиалюбители в Белгороде и Рязани, в Чкаловском и Йошкар-Оле, в Зее Амурской области и Новокузнецке, в Ангарске и других городах России. Кроме того, автожиры МТО Sport и Calidus серийного производства немецкой компании Autogyro GmbH начал импортировать в Россию «Твистер-клуб» (Воскресенск). Так что парк автожиров в России растет вместе с увеличением числа любителей и пилотов этого интересного вида авиационной техники.

### **1.5. Итоги и выводы**

1. Автожиры с прыжковым взлетом третьего поколения безопасны, удобны и выгодны в качестве универсального индивидуального транспорта. Их основные преимущества: высокий уровень безопасности; низкая цена; экономичность; большая дальность полета; небольшие габариты. Для решения проблем обучения такие автожиры удобно поставлять вместе с тренажером пилотов.

2. Автожиры третьего поколения могут использоваться для решения следующих задач:

- экологический мониторинг;
- мониторинг лесных и сельскохозяйственных угодий;
- метео- и ледовая разведка;
- контроль линий электропередач, нефте- и газопроводов;
- поисково-спасательные работы;
- срочная медицинская помощь ;
- тушение лесных пожаров;
- административно-связные функции;
- перевозка пассажиров и легких грузов;
- воздушный туризм.

## 1.6. Источники

1. <http://twistairclub.narod.ru/gyrorus.htm>

### 2. Каталог автожиров взлетающих с места

#### 2.1. Автожиры, взлетающие с места

Автожиры с прыжковым взлетом существуют почти 80 лет. Это очень любопытный и мало распространенный класс летательных аппаратов с удивительными возможностями. Для взлета и посадки такому автожиру нужна лишь вертолетная площадка, а, например, в турбулентных потоках он, как и автожир взлетающий с разбегом, устойчивее, чем самолет [1].

В США после окончания второй мировой войны работы по совершенствованию автожиров продолжались и к концу столетия в небе США и Канады летали тысячи автожиров. Немалую роль в их развитии и распространении сыграл И. Бенсен. Однако, когда он создавал свои «гиропланы» для всех, он построил автожиры взлетающие с небольшим разбегом, зато из дешевых и доступных материалов. Сегодня 99 процентов летающих автожиров построено по схеме И. Бенсена и рассчитано на взлет с разбегом.

В США развивались и конструкции автожиров с прыжковым взлетом. CGD/T демонстрировал прыжок высотой более 50 метров, красиво взлетал Gyghino, получили сертификаты типа Air & Space 18A и Hawk-4.

В Советском Союзе из крупных авиаконструкторов автожиры любил только Н. И. Камов, и после его смерти они были совсем заброшены. Спихватились лишь в конце столетия, когда в США появился ряд удачных конструкций автожиров с прыжковым взлетом. В России развернули активную пропаганду автожиров, направили в США большую группу специалистов, которая привезла образцы для подражания, на авиационных выставках стало появляться все больше автожиров. Особый упор в пропаганде делался на построение прыжковых автожиров. В различных концах

страны были построены А-002 (Иркутск), МАИ-205 (Москва), Поло (Новосибирск). Однако ни один из этих проектов не оказался в достаточной степени успешным.

В данном каталоге приведены все автожиры с прыжковым взлетом, которые нам удалось обнаружить в различных источниках. Создавались и автожиры с вертолетным взлетом. У некоторых из них были установлены реактивные двигатели на концах лопастей, на других использовался механический привод, как на вертолетах. В каталог включались только те аппараты, которые летали. По этой причине, например, автожир АК [2] конструктора Н. И. Камова, оставшийся недостроенным, отсутствует в списке. В работе [2] в качестве автожира с прыжковым взлетом не назван ни один из советских автожиров того периода, кроме недостроенного автожира АК, поэтому все они также не включены в данный каталог. Среди автожиров, включенных в каталог, имеется ряд таких, которые не выполняли прыжковый взлет, но конструкция втулки несущего винта позволяла им выполнить такой маневр. В каталог был включен Р-14М, имевший торсионную вертолетную втулку, хотя он не выполнял прыжкового взлета. Втулка несущего винта с фиксированным шагом не позволяет выполнить прыжковый взлет, однако, если на лопастях установить реактивные сопла, через которые выдувать, например пар, то возможен вертолетный взлет. В каталог включались и такие автожиры, например, паровой и на перекиси.

Записи отсортированы по годам выпуска. Структура записи: наименование, конструктор, тип втулки несущего винта, год, страна создания, источник информации, неформальное описание автожира с прыжковым взлетом, фото ЛА. Некоторым аппаратам мы сами дали название для удобства изложения, они помечены \*.

## **2.2. Период Сьервы**

С-30Р, конструктор Х. Сьерва, автодинамическая втулка, 1936, Англия, выпускался небольшой серией в разных странах по лицензии [1]

С-30Р двухместный, экспериментальный, взлетная масса 830 кг, полезная нагрузка 260 кг, полезная нагрузка в процентах от взлетной массы 31,3 %. Мотор 140 л. с., полезная нагрузка к мощности 1,86 кг/л. с. Полетная масса к мощности 5, 93 кг/л. с. Лопастей – 2. [2]

В докладе, прочитанном в Королевском авиационном обществе 15 марта 1935 г. Сьерва заявил об успешном завершении исследований по решению проблемы прыжкового взлета автожира. Он считал это кульминационным пунктом десятилетней интенсивной работы над автожирами в Англии. В эти годы Сьерва не только возглавлял разработку различных технических проблем, но и проделал лично большую часть испытательных полетов.

Публичная демонстрация прыжкового взлета не проводилась, тем не менее, до 23 июля 1936 г., когда пилот-испытатель Марш совершил экспериментальный полет на G-ACWF (С.30 Mk11), оснащенном автодинамической втулкой. Отметим, что автодинамическая втулка страдала вибрациями, которые были присущи ее конструкции, тем не менее, была окончательно доказана возможность использования для взлета и посадки автожира небольшой площадки, соизмеримой с диаметром его несущего винта.[3]



Рис. 2.1 «С-30Р»

**W-3**, конструктор Пуллин, автодинамическая втулка, 1936, Англия, [3]

Летно – технические характеристики W-3

Таблица 2.1

Диаметр несущего винта, м	8,55
Площадь, ометаемая НВ, м <sup>2</sup>	57,4
Максимальная взлетная масса, кг	403
Максимальная скорость, км/ч	129
Мощность двигателя, л.с.	50
Высота прыжка, м	5
Продолжительность прыжка, с	2
Обороты ротора в полёте, об/мин	210
Обороты ротора при взлёте, об/мин	350

Двухлопастный ротор данного автожира диаметром 8,55 м, в полете вращался со скоростью до 210 об/мин. Перед прыжковым взлетом он раскручивался до 350 об/мин (в 1,7 раз больше). Двигатель «Пуллин» - четырехцилиндровый, перевернутого типа, с воздушным охлаждением, развивал мощность до 50 л.с. Максимальная скорость полета автожира – 129 км/час. Автожир W-3 снабжен рулем поворотов, а также мощным килем для сохранения устойчивости, фюзеляж – коробчатого типа, а шасси – с очень широкой колеей.

Ручка управления имела двойное шарнирное крепление, что делало систему управления привычной для пилотов планеров и самолетов. Для предотвращения ошибок в последовательности действий при взлете, управление запуском ротора включено в сектор. Передвигая рычаг сектора в первый паз, пилот включал тормоз колес (мотор уже был запущен и работал на малом газе), затем передвигая рычаг на второй паз, пилот включал стартер, углы атаки лопастей уменьшались до нуля, ротор начинал вращаться. Когда муфта сцепления полностью включалась, пилот плавно открывал дроссель (прибавлял газ), пока обороты ротора не достигали значений, необходимых для прыжка (около 350 об/мин).

После этого пилот нажатием отдельной кнопки одновременно выключал тормоз колес и стартер, вследствие чего углы атаки лопастей резко увеличивались, и у сильно раскрученного ротора возникала подъемная сила, под действием которой автожир отделялся от земли, начиная прыжковый взлет.

Кинетическая энергия, аккумулированная в роторе во время раскрутки, оказывалась достаточной для того, чтобы поднять машину на высоту пяти метров. При уменьшении оборотов ротора до обычных в полете (210 об/мин), вся запасенная в роторе кинетическая энергия переходит в потенциальную, что свидетельствует о завершении прыжка. Подъем на указанную высоту занимал примерно 2 секунды.

Траектория прыжка идет не по вертикали, а по гиперболе (рис. 2-1), т. е. высота сначала нарастает быстро, затем траектория полета становится более полой. Это связано с тем, что при отрыве от земли горизонтальная скорость равна нулю, а по мере разгона аппарата тянущим винтом и убывания кинетической энергии несущего винта, горизонтальная составляющая скорости становится больше, а вертикальная убывает. Эту особенность прыжкового взлета можно заметить и на кадрах киносъемки, сделанных во время испытаний [2-2].

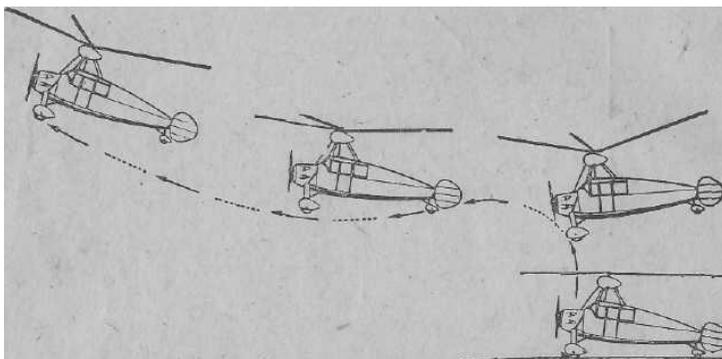


Рис.2.1-1. Схема прыжкового взлета автожира

После взлета с трех точек, т. е. с опущенным хвостом автожир принимает сначала горизонтальное положение, а затем наклонное вперед. Опускание носа аппарата пилот делает намеренно, при этом

ротор тоже наклоняется вперед и тем самым принимает участие в создании поступательного движения, т. е. помогает тянущему винту (пропеллеру) быстрее набрать горизонтальную скорость. По мере увеличения горизонтальной скорости продольная ось автожира постепенно принимает нормальное положение.

Прыжковый взлет на высоту около 6 – 7 м уже разрешает проблему взлета автожира с любой маленькой площадки (например: с палубы корабля, подводной лодки и т. д.). По мере развития технологий высота прыжка должна будет увеличиться [2].



Рис. 2.2. W-3

**Pa-36**, конструктор Питкерн, автодинамическая втулка, 1936, США [2]

Этот аппарат был создан компанией Питкерна и мог передвигаться не только по небу, но и по дорогам.

Автожир имел двигатель «Уорнер» мощностью 165 л. с., Ротор имел диаметр 13,11 м.

Максимальный взлетный вес составлял 930 кг.

Максимальная скорость машины в небе достигала 161 км/ч.

Кабина была двухместная закрытая.

Шасси – трехколесное.

Система взлета прыжком была гидравлической. Каждая лопасть заканчивалась цапфой с шестизаходным винтом большого шага. На нулевом шаге лопасти удерживались гидравлически. Когда ротор,

раскрученный до оборотов, необходимых для прыжка, отключался от трансмиссии, одновременно падало давление в гидросистеме. Лопасты под действием центробежных сил начинали выдвигаться наружу и принимали угол  $4^{\circ}45'$ . Эта система работала безотказно. Автожир имел хорошую динамическую устойчивость, в спокойной атмосфере можно было бросать управление. Однако, несмотря на успешные результаты испытаний, из-за отсутствия спроса в серию он не пошел. С началом войны работы были прекращены. [3]



Рис.2.3. Pa-36

Кей\*, конструктор Кей, автодинамическая втулка, 1936, Англия [2]

Экспериментальный автожир Кей был одноместным, имел взлетную массу 387 кг, полезную нагрузку 103 кг, отношение полезной нагрузки к взлетной массе у него составляло 26,6 %. На этом автожире был установлен мотор мощностью 75 л. с. Отношение полезной нагрузки к мощности составляло 1,37. Отношение взлетной массы к мощности составляло 5,16 кг/л.с. Диаметр ротора 6,7 м, нагрузка на квадратный метр ометаемой площади было  $10,9 \text{ кг/м}^2$ , коэффициент заполнения 0,085, число лопастей 4.



Рис.2.4. Кей

### **АС-35**, автодинамическая втулка, 1937, США [6]

В 1959 году фирма Скайвей инжиниринг извлекла АС-35 из авиамузея в Вашингтоне с целью начать его производство на продажу. Предполагалось произвести доработку конструкции и сертифицировать ее в ФАА. Появление серийных машин ожидалось к концу 1962 – началу 1963гг.

Скайвей предполагала оснастить АС-35 мотором в 115-150 л.с. Этот мотор собирались установить в фюзеляже за кабиной и вращать им ВИШ диаметром 2,06 м соединенного с валом двигателя через редуктор. При отключении редуктора от пропеллера он мог быть использован для привода муфты ротора при раскрутке перед прыжковым стартом. При одновременном отключении пропеллера и ротора мотор можно было использовать для привода заднего колеса. При сложенных назад лопастях ротора, АС-35 мог самостоятельно передвигаться по дорогам, и пилот использовал педали для управления передними колесами.

АС-35 имел сварной из стальных труб каркас с металлической обшивкой спереди и полотняной сзади. Ротор трехлопастный. Топливо размещалось в баке емкостью 75,5 л под сиденьем.

## Летно-технические характеристики

Таблица 2.2

Диаметр ротора 10,45 м
Длина автожира 7,04 м
Высота 2,48 м
Ширина 2,39 м
Масса пустого, кг 385
Максимальная взлетная масса, кг 635
Максимальная скорость 217-233 км/час
Крейсерская скорость 193-209 км/час
Взлетная дистанция до Н=15 м при прыжке 15,25 м
Посадочная дистанция с Н=15 м 15,25 м
Дальность полета 640 км.

Модифицированный аппарат так и не был запущен в серийное производство.



Рис.2.5. АС-35

AR-III, конструктор Р. Хафнер, втулка звездочка, 1937, Англия [3].

Основной особенностью автожира Хафнера была втулка несущего винта и его подробное описание, как и втулки, приведено нами в разделе 5.



Рис.2.6. AR-III

C-40, конструктор Х. Сьерва, автодинамическая втулка, 1938, Англия, выпускался серийно (восемь машин) [2]

После гибели Сьервы в 1936 году развитие автожиров продолжалось и серийный C-40 с вертикальным взлетом был создан в Англии в 1938 г., конструктором Беннетом (позднее он стал профессором аэродинамики в Колледж оф Аэронаутикс), который возглавил техническое руководство по развитию автожиров.

Пять машин были построены для авиационного министерства под обозначением. 43/36. Первый аппарат был – собран Бритиш Аэрокрафт Мануфактуринг – Ко., в Хэнворте в 1938 г. Лопастей его

ротора были сделаны фирмой Одде Бредбери Энд Колле Лтд., в Соунтгельтоне, которая также изготовила фюзеляжи для С.40. Цослѣдний С-40 был полностью закончен после начала второй мировой войны. Последние С-40 были предназначены для флота и имели усовершенствованную конструкцию ротора и втулки несущего винта для прыжкового взлета.

Автодинамическая втулка Сьервы использовала вертикальные шарниры без фрикционных или гидравлических демпферов, вследствие чего демпфирование относительно этих шарниров было замедлено по отношению к скорости изменения шага лопасти и портило характеристики взлета-прыжка. С наклоненными горизонтальными шарнирами без демпферов тогда умели делать только 2-лопастный ротор свободным от земного резонанса, К сожалению, такой ротор имел неуравновешенные вибрации 1-й гармоники (дважды за оборот), которые имели место во всем диапазоне скоростей.

3-лопастный ротор, разработанный доктором Беннетом для автожира С-40, был относительно свободен от вибраций и трудности, связанные с земным резонансом, были преодолены установкой демпферов на вертикальных шарнирах. При этом полные характеристики взлета-прыжка были достигнуты без нежелательных вибраций, присущих оригинальной автодинамической втулкѣ.

Хотя С-40 и имел вполне успешную конструкцию, он не применялся так широко, как С-30. Война, начавшаяся в 1939 г., остановила развитие автожиров и вертолетов в Англии. К концу войны, развитие вертолетов в США и Германии полностью затмило автожир.

Сьерва был против втулок несущего винта с управлением циклическим шагом, считая их неоправданно сложными. Можно не сомневаться, что автожир является не промежуточным этапом развития вертолетов, а самостоятельным классом летательных аппаратов с большим будущим.[3]



Рис.2.7. С-40

Леос-301, конструкторы Лиоре и Оливье, автодинамическая втулка, 1939, Франция [2].

Разведчик-корректировщик Леос-301 выпускался небольшой серией с 1934 до 1939 года. Это была 2-местная машина со взлетной массой 886 кг и полезной нагрузкой 330 кг. Отношение полезной нагрузки к взлетной массе составляло 37,3 %. Мощность мотора 175 л. с. Отношение полезной нагрузки к мощности 1,88. Отношение взлетной массы к мощности для этого автожира составило 5,07 кг/л.с. Трехлопастный ротор имел диаметр 11,28 метров, нагрузка на квадратный метр ометаемой площади – 8,86 кг/м<sup>2</sup>. Коэффициент заполнения – 0,0436. Максимальная скорость 170 км/час, динамическая высота 4000 метров, время полета 2,75 часа на крейсерской скорости.



Рис.2.8. Леос-301

**XR-3**, конструктор Келлет, 1942, США, [2]. Двухместный артиллерийский корректировщик XR-3 фирмы Келлет совершил первый полет в 1942 году, имел мотор мощностью 300 л.с.



Рис.2.9. XR-3

**Se-700**, конструкторы Лиоре и Оливье, 1943, Франция [2]. Экспериментальный одноместный Se-700 совершил первый полет в 1943 году. На нем был установлен мотор мощностью 220 или 330 л. с., трехлопастный ротор диаметром 12,49 м.

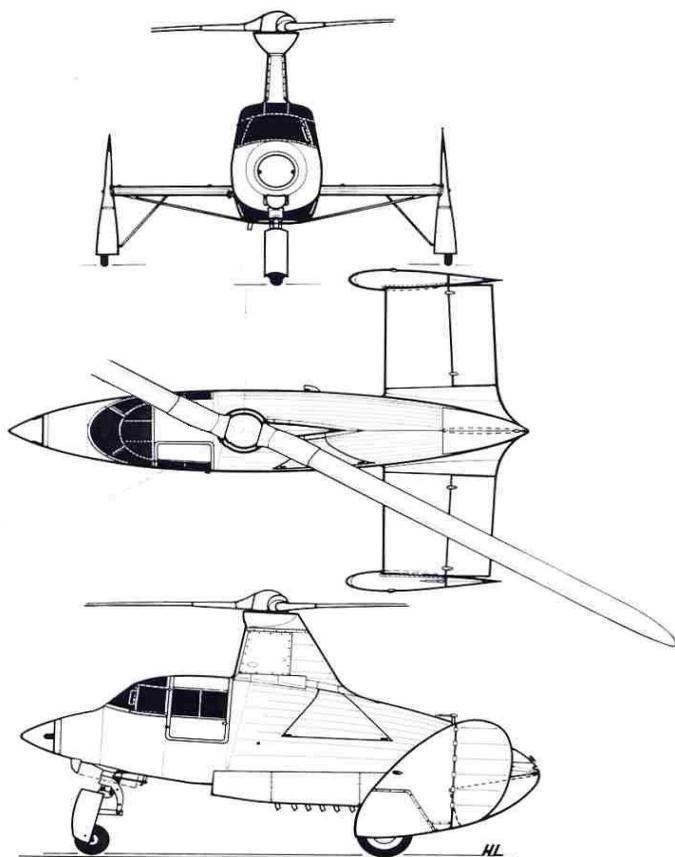


Рис.2.10. Se-700

### 2.3. Второй период

**УО-60**, конструктор Келлет, втулка с автоматом перекося, 1944, США [2].

Двухместный артиллерийский корректировщик с тянущим винтом УО-60 фирмы Келлет совершил первый полет в 1944 году. На нем был установлен мотор мощностью 300 л. с. И трехлопастный ротор.



Рис.2.11. YO-60

**Буль\***, конструктор Буль, втулка с автоматом перекоса, 1945, США [2].

На нем впервые была опробована схема с толкающим винтом. Закрытая кабина и трехкилевое хвостовое оперение уже совсем не походят на самолетные.



Рис.2.12. Буль

Гелиофлай, конструктор П. Баумгартл, втулка с автоматом перекоса, 1946, Бразилия [7]

Ниже процитирована статья П. Баумгартла с описанием испытаний его автожира с прыжковым взлетом [7]

Первый настоящий полет состоялся 22 ноября 1946 г. Это был туманный день, когда срывались снежные холодные заряды. Но для меня это был чудесный день одного из самых лучших и замечательных событий моей жизни.

После прыжкового взлета, который я уже освоил, я изменил общий шаг до 5 градусов и слегка прибрал ручку на себя. Машина мгновенно поднялась примерно на 5,5 метра, начав в то же время двигаться вперед. Было трудно удерживать направление полета, т. к. для путевого управления я мог пользоваться только тормозом ротора и вытянутой рукой с противоположной стороны. В первом полете я пролетел около 60 м. Когда машина была у самой земли, я быстро изменил общий шаг до 14 градусов, что уменьшило скорость снижения настолько, что я смог выполнить плавную посадку.

Она произошла на скорости около 20 км/ч, а при планировании скорость доходила до 45 км/ч (рис. 9). При последующих испытаниях мне удавалось пролетать до 1200 метров. Однако при посадке 15 февраля 1947 года машина была полностью разбита.

Я могу обобщить свой опыт испытаний машины следующим образом.

При запуске ротора ранцевого автожира на земле не наблюдается вибраций. В полете ротор работает плавно. Прыжковый взлет после необходимой тренировки не представляется трудным. Управление по курсу, особенно при вертикальном спуске, является основной проблемой (необходима установка вертикального оперения).

Посадка требует некоторого сосредоточения и хорошей тренировки. Она может упроститься с применением более тяжелых лопастей (лопасть весила всего 800 г).

## Летно-технические характеристики «Гелиофлай»

Таблица 2.3

Масса лопасти	0,8 кг
Масса двигателя	2,7 кг
Мощность двигателя	3 л. с.
Тип двигателя	мотоциклетный, «Гарелли»
Вес пустого кг	16,5
Взлетный вес кг	92,5
Диаметр ротора м	6
Хорда лопасти м	0,14
Профиль лопасти	НАСА 23012
Форма лопасти	прямоугольная без крutki
Количество лопастей	2
Передаточное отношение редуктора	9
Обороты и шаг в полете:	
Раскрутка -1 град.	0–350об/мин
Взлет прыжком 12 град.	350–270об/мин
Полет вперед 5 град.	270–300об/мин
Посадка 14 град.	300–200об/мин

При оборотах ротора 320 об/мин, угол 12 градусов, высота прыжка 0,6 м

При оборотах ротора 350 об/мин, угол 12 градусов, высота прыжка 5,5 м [7]

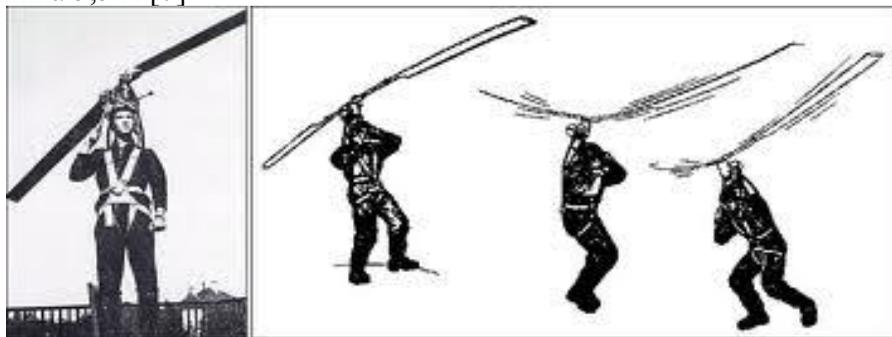


Рис.2.13. Гелиофлай

Helicor-Air Жирель L50 Combine, двухместный автожир вертикального взлета и посадки. Главный конструктор – Джорж Лепер, 1959, Франция [6].

Жирель 2-х местный с сидениями бок-о-бок крылатый автожир с ротором, который позволял совершать безопасный полет на очень малых скоростях, и обладал возможностью взлетать и садиться на маленьких площадках. Для взлета двухлопастный ротор соединялся с двигателем через муфту и вал. В полете ротор авторотировал и двигатель вращал тянущий воздушный винт. На крейсерской скорости большую часть нагрузки несли крылья, поэтому вся нагрузка на ротор ложилась только во время взлета и посадки. Предлагалось два варианта “Жирели”:

“Жирель” L50 с 4х цилиндровым оппозитным двигателем “Континенталь” C90 мощностью 90 л.с. воздушного охлаждения и винтом фиксированного шага типа «Ратге»;

“Жирель” L51 с 4х цилиндровым горизонтально-оппозитным воздушного охлаждения двигателем “Лайкоминг” 0-320 в 150 л.с. и тянущим воздушным винтом изменяемого шага. Следующие детали относятся к обеим моделям.

2-х местный автожир. Крылья – свободнонесущий моноплан с одним металлическим лонжероном. Крылья обшиты фанерой с элеронами по всей длине. На концах крыльев находятся пластины. Трехлопастный деревянный ротор имеет изменяемый шаг лопастей. Фюзеляж металлический с закрытой кабиной, в которой за сиденьями есть место для багажа. Свободнонесущее деревянно-металлическое хвостовое оперение с обычным рулем высоты, с двумя киями и центральным рулем направления.

Неубирающееся трехколесное шасси с управляемым передним колесом и тормозами на главных колесах.

Возможна двойная система управления и установка оборудования для агрохимической обработки полей распылением. Летно-технические характеристики приведены в таблице.

Летно-технические характеристики

Таблица 2.4

Диаметр ротора, м	10,0	
Размах крыла, м	6,0	
Длина, м	6,1	

Высота, м	2,7	
Вес пустого, кг	L50: 380	L51: 416
Полетный вес, кг	625	750
Характеристики		
Максимальная	166	215
Минимальная	30	22
Крейсерская	140	180
Дальность полета	с пилотом и грузом 150 кг – 100 км, с пилотом и 100 кг.нагр.–500 км	с пилотом и грузом 234кг - 100км, с 2-мя пилотами и багажом -1000км.



Рис.2.14. Жирель

Vista 67A, двухместный экспериментальный, главный конструктор – Джон Блэкер, первый полет -1962 г., Австралия [6].

Данный автожир имеет 2-х позиционное управление общим шагом – нормальный летный шаг и малый шаг для разгона по земле, что позволяет ему выполнять прыжковый взлет.

Первый полет выполнен в мае 1962 г. И с тех пор автожир проекта 67А выполнил более 140 удачных полетов за 2 года. Несмотря на финансовые трудности фирмы “Викта Авиэйшн Дивижн” начато создание серийного прототипа. Серийное производство развернуто не было.

Викта – это двухместный экспериментальный автожир с двухлопастным полужестким ротором. Хорда лопасти – 27,7 см, профиль – Наса-0012. Лопасть выполнена из дерева с носком-лонжероном из “Тайдулигнум”. Сварной фюзеляж из стальных труб с кабиной без дверей, дюралевой хвостовой балкой и двухкилевым стабилизатором, который можно переставлять.

Неубирающееся трехколесное шасси с основными колесами на поперечных рессорах. Носовое колесо с масляно-пневматическим амортизатором Викта. Все колеса размером 5,00x5 дюймов.

Силовая установка это 4-х цилиндровый оппозитный двигатель воздушного охлаждения “Лайкоминг” 0-320-А мощностью 150 л. с. С деревянным ВФШ. Металлический топливный бак имеет емкость 68 литров.

#### Летно-технические характеристики

Таблица 2.5

Диаметр ротора	8,23 м,
Длина фюзеляжа	4,57 м,
Ширина	3,18 м,
Высота	3,05 м,
Колея шасси	3,05 м,
База	2,26 м.
Площадь диска ротора	53,23 м <sup>2</sup> ,
Макс. взлетный вес	612 кг,
Макс.удельная нагрузка на ротор	11,47кг/м <sup>2</sup>
Макс.удельн. нагр. на мощность	4,1 кг/л.с.,
Максимальная скорость	153 м/час,
Разбег	3 м,
Пробег	0+9 м.



Рис.2.15.Victa

Vertigyro VG-1 экспериментальный двухместный автожир-вертолет с компрессорным приводом нв. Главный инструктор – Бруно Наглер. 1964, США [6].

Модель VG-1 является экспериментальной, она построена главным образом из известных деталей. В этой модели работают и ротор, и воздушный винт, и она может летать в любом режиме, от реактивного вертолета, когда вся энергия уходит на работу ротора, до простого автожира, где вся энергия силовой установки идет на работу воздушного винта. Для достижения этого силовая установка прямо работает на винт и косвенно на ротор при помощи сжатого воздуха выдуваемого из сопел на концах лопастей. Неотъемлемой частью силовой установки является воздушный компрессор, работающий от двигателя.

Прототип VG -1 был сконструирован и собран в течении 6-ти месяцев. Он имел фюзеляж самолета «Пайпер Кольт» и был оснащен двигателем «Лайкоминг» 0-235, мощностью в 108 л.с., а систему ротора и управление втулкой ротора имел от вертолета «Джин» фирмы Сьюд Авиасьён. Ротор приводится в движение сжатым воздухом от газотурбинного компрессора «Гаррет» модели 85-90, установленного позади кабины летчика. Имеются также новые

детали: крепление для ротора, металлическая обшивка, кили и различные детали для управления. Вертолетное управление связано с обычным управлением «Кольта». Сохраняется управление триммером руля высоты системы Кольт. Управление по курсу в режиме висения достигается при помощи руля направления, установленного на выходе из турбины, и при помощи педалей – рулем направления. Рукояткой общего шага несущего винта, можно управлять клапаном отбора воздуха турбины, при этом турбина работает на постоянной скорости.

Преимущества «Вертиджиро»:

- а) низкая стоимость;
- б) более высокие характеристики, чем у вертолета и автожира;
- в) не требуется постоянная корректировка скорости вращения ротора, что особенно важно в случае аварийной ситуации;
- г) более простой взлет, чем у вертолета;
- д) более устойчивый прямолинейный горизонтальный полет с меньшими усилиями на управление;
- е) отсутствие механической передачи и рулевого винта вертолета;
- ж) отсутствие «мертвой зоны» ротора;
- з) отсутствие противообледенительного устройства, благодаря потоку горячего воздуха от втулки к реактивным горелкам;
- и) возможность увеличить характеристики путем дальнейшего увеличения тяги концов лопастей.

Первая фаза испытаний «Вертиджиро» VG-1, состоящая из 34 часов наземных и 10 – воздушных испытаний была успешно завершена 25 января 1964 г. Во время этих испытаний прототип мог совершать полет в режиме вертолета, автожира и сочетания обоих, и пилот имел возможность летать то в одном, то в другом режиме. В результате успешного завершения этой программы фирма Наглер разрабатывает новую модель «Вертиджиро» VG-2. Новая модель двухместного автожира двухбалочной конструкции с толкающим воздушным винтом, оснащенная поршневым двигателем «Франклин» 335 мощностью в 220 л.с. и газовой турбиной BMW с расчетной максимальной скоростью – 240 км/час.

## Летно-технические характеристики

Таблица 2.6

Диаметр ротора 10,97 м,  
Общая высота 2,75 м,  
Взлетная масса 708+787 кг,  
Расчетная максимальная скорость 211 км/час,  
Максимальная скорость на 31 января 1964 г.  
автожир 148 км/час  
вертолет 120 км/час,  
автожир/вертолет 177 км/час,  
Минимальная скорость к 31 янв. 1964 г.  
Автожир 72 км/час,  
вертолет 0 км/час.



Рис.2.16.Vg-1

Air & Space 18A, конструктор Г. Девор, втулка с автоматом перекося, 1959, США, получил сертификат типа в США в 1965, после выпуска 68 экземпляров производство было остановлено по финансовым причинам [8].

Рей Умбау в 1962 г. сертифицировал свой 2-местный автожир типа 18-А, Он был испытан по стандартам самолетов и вертолетов, т.к. FAA (тогда САА) не имела сертификатов для автожира. Результатом

стало двойное сертифицирование 18-А с мотором «Лайкоминг» 0-360 и пропеллером «Харцелл».

В марте 1965 г. 18-А начал производиться. Его выпуск должен был дойти до 3 машин в день, а ожидаемое количество заказов – до 3000. В конце концов, фирма обанкротилась, но 68 18-А уже поступили к дилерам США. Дон Фаррингтон – дилер 18-А, в 1968 г. Стал президентом реорганизованной фирмы 18-А «Фаррингтон Эркафт» и приобрел все права на выпуск, продажу и содержание ЛА.

В последующие 15 лет фирма переделала все выпущенные 18-А, прошедшие через нее. 38 модифицированных 18-А проданы под контролем фирмы, и еще 15 – на доработке. Модификации улучшили ЛТХ, выхлопную систему, а капот снизил уровень шума (после доводки он стал равен 182, пилотам рекомендуется использовать шлем с наушниками). 18-А это единственный сертифицированный автожир, выпускавшийся в США и Канаде. По статистике FAA, в 1985 г. Насчитывалось всего 93 активных автожирщика.

Первоначальное обучение проводит фирма «Эр энд Спейс» 18-А, автожир имеет взлетную массу 596 кг и нагрузку 219 кг. ЛТХ приведены в руководстве пилоту и относятся к стандартным условиям и максимальной массе.

### Характеристики

Таблица 2.7

Стандартная цена, долларов	50.000
Мотор «Лайкоминг»0-360 AID, л. с.	180
Межремонтный ресурс, ч	2000
Пропеллер ВФШ «Харцелл», ц/м, диаметр, м	1,98
Ротор 3-лопастный, деревянный, со стеклопластиковой обшивкой диаметром, м	10, 67
Количество мест	2
Длина, м	6,03
Высота, м	2,92
Максимальный взлетный вес, кг	817
Стандартный вес пустого, кг	596
Максимальная полезная нагрузка, кг	219
Нагрузка на ротор, кг/м <sup>2</sup>	8,8
Максимальный вес используемого топлива, кг	76

Скорость наилучшего набора высоты, км/час	103
Максимальная скороподъемность, м/сек	3,8
Практический потолок, м	3050
Крейсерская скорость на 60% газа, км/час	120
Продолжительность полета на 65% газа, ч	2,5
Расход топлива на 65% газа, л/час	37
Максимальная продолжительность полета на 50% газа	4
Минимальная скорость полета, км/час	42

Ниже пересказаны впечатления от 18 А журналиста и пилота Эми Габоне.

После включения муфты трансмиссия начинает раскручивать трехлопастный ротор. При полных оборотах ротора 370 об/мин, мотор дает 1800 об/мин и почти 27” давления. Ручку я держу в правой руке, тормоза зажаты. Двигаю ручку назад и налево. Слегка давлю правую педаль, чтобы компенсировать момент ротора и пропеллера. Включаю кнопку “взлет” на РУД и удерживаю ее зажатой. Увлекаемый ротором автожир поднимается на 4,5 м, но указатель скорости показывает «О». Давай ручку вперед – говорит инстинкт самолетчика, но я помню, что делать этого нельзя. После пяти секунд взлета, автожир начинает разгоняться и набирает 80 км/час. Я лечу. Я задираю нос вверх и плавно набираю высоту. Мой первый самостоятельный взлет выполнен.

Короткий взлет и посадка 18-А делают его особенно привлекательным при патрулировании. Свободный ротор обеспечивает плавность полета, хотя вибрации лопастей и могут возникать /особенно у неопытных пилотов самолетчиков/.

Набор высоты зависит от сопротивления ротора. При наилучшей скорости и 26° С на уровне моря скороподъемность равна 2,5 м/сек. В набор высоты 18-А идет, словно самолет. При хорошей технике взлета, достаточно 18 м разбега, а общая длина ВПП может быть равной 180 м. Прыжковый взлет несколько сложнее – он не требует разбега, но для достижения высоты 15 м потребуется дистанция 195м. 18-А не срывается и не штопорит. Раскрученные лопасти работают, словно парашют- на малых скоростях. Задрал нос, автожир

останавливается в воздухе и начинает плавное вертикальное снижение со скоростью 2,5 м/сек. Единственный маневр, который мог бы остановить лопасти – это отрицательные перегрузки.

Устойчивость в полете лучше, чем у вертолета. 18-А не может летать без рук, когда я попытался это сделать, он в течении трех секунд начинал разворачиваться или задирает нос. Как выполняется аварийная посадка? Ее вообще-то не бывает, просто автожир идет постоянно на авторотации, и от пилота требуется только удерживать носом наилучший угол планирования к выбранному месту. Точная посадка – это тоже свойство 18-А. Пятачок 15х15 м- это все, чего он требует. Удерживайте нос против ветра, а при его порывах помогайте себе сектором газа. Мощные гидроамортизаторы воспримут толчок после посадки, равный падению с 3-х м высоты. После касания тут же отключите мотор. Зажав тормоза, вы остановите автожир на пяточке.

Дальние перелеты дают возможность попрактиковаться в выполнении взлетов и посадок на разных ВПП. Это проверка и для систем автожира, типа топливного насоса и др. (кстати, следите за качеством топлива, особенно при длительных перелетах). [8]



Рис.2.17. Air & Space-18А

VFW-Fokker H2, комбинированный штожир-вертолет с компрессорным приводом НВ, 1967, Германия [6].

Первым шагом в программе создания простого автожира с возможностью режима висения, стала постройка фирмой VFW/Верфлюгтехверке малого одноместного летающего стенда, сходного, в основном, с “Джайрокоптером” Бенсена.

Для обеспечения возможности зависания, этот ЛА имеет управляемый 2-х лопастной ротор с концевыми камерами сгорания. Каждая лопасть имеет тефлоновый подшипник, обеспечивающий изменение шага, качание и затормаживание. Вертикальный шарнир на опытном ЛА отсутствует. Циклическое управление выполняется наклоном втулки ротора с помощью верхней ручки; обычное управление общим шагом заменено регулированием оборотов ротора при помощи РУД.

Мотор опытного ЛА – 4-х цилиндровый горизонтально-оппозитный “МакКаллох” в 72 л.с., вращающий 2-х лопастной пропеллер фиксированного шага “Хоффман” и центробежный компрессор. Воздух от компрессора может подаваться холодным в концевые камеры сгорания лопастей для раскрутки ротора при взлете. Для настоящего вертикального взлета и висения воздух смешивается с топливом и подается в сопла камер сгорания, топливо того же типа, что и для мотора. Для висения необходимы обороты – 630 об/мин, на авторотации обороты ротора - 550 об/мин,; при рулежках достигнуты обороты до 780 об/мин.

Н2 это подготовительный этап в создании WFG – НЗ – 3-х местного автожира, с закрытой кабиной и 3-х лопастным ротором, оснащенный двумя моторами по 140 л.с., вращающими общий ВФШ и компрессор. Он должен был иметь продолжительность полета 2 ч. 30 мин в режиме автожира и 30 минут в режиме вертолета.



Рис.2.18. Н-2

VFW-Fokker НЗ, комбинированный штожир-вертолет с компрессорным приводом НВ, 1967, Германия [6].

НЗ представляет собой 3-местный турбинный комбинированный вертолет с 3-лопастным шарнирным реактивным н.в. и двумя установленными по бокам фюзеляжа вентиляторами для создания горизонтальной тяги. Основные характеристики и размеры машины даны в таблице 2.8.

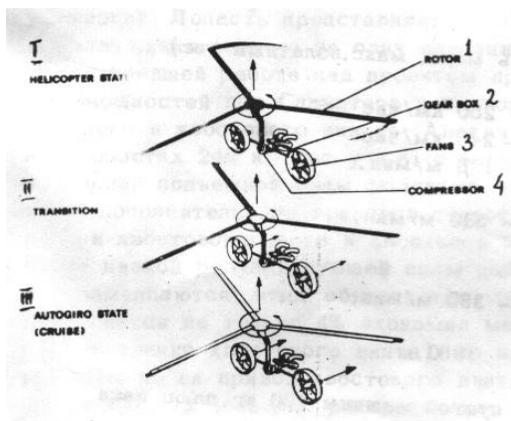
### Основные характеристики и размеры

Таблица 2.8

Количество мест	3
Установленная мощность	400 л.с. на валу
Привод н.в.	Пневматический
Привод вентиляторов	Механический
Размеры	
Диаметр н.в. и общая ширина машины	8.7 м
Общая длина	9.2 м
Высота, включая втулку н.в.	2.5 м
База шасси	2.2 м
Колея шасси	1.8 м
Площадь, ометаемая н.в.	58 кв.м
Несущий винт	
Число лопастей	3

Профиль лопасти	NACA 230-15
Крутка лопасти	0°
Допустимое число об/мин н.в.	280-480
Удельная нагрузка на диск, ометаемый н.в.	15.8 кг/кв.м

Силовая установка – двигатель Аллисон, приводящий на висении центробежный компрессор. Сжатый воздух, проходя по трубопроводам, попадает через гибкий рукав в распределительное устройство, охватывающее вал н.в. (фиг. 8).



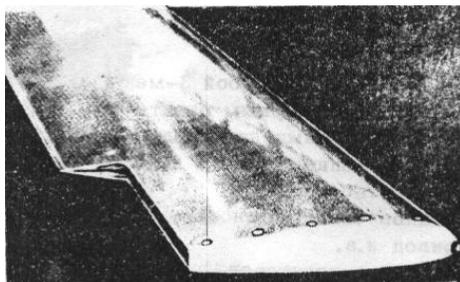
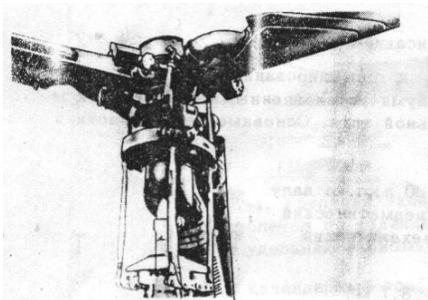
Фиг. 7. Пропульсивная система вертолета «Спринтер»:

- 1 – вертолетный режим;
- II – переходный режим;
- III – режим автожира (крейсерский полет);
- 1 – н.в.;
- 2 – редуктор;
- 3 – вентиляторы;
- 4 – компрессор.

Из распределителя вал через гибкие шланги попадает в комлевую часть шарнирно подвешенных лопастей. На концах лопастей горячий воздух, нагретый до 127 ° С, при перепаде давления истекает через щелевые сопла, вписанные в обводы концевых частей лопастей (фиг. 9), и приводит н.в. на висении и в полете на малой скорости. Проектом предусмотрена установка планетарного редуктора с малым передаваемым крутящим моментом, двух конических шестерен для привода вентиляторов и

тормозного переключающегося устройства на валу компрессора для подачи мощности на компрессор или на вентиляторы.

Для перехода к горизонтальному полету летчик сообщает машине ускорение обычным путем – наклоняя несущий винт вперед. При увеличении скорости вентиляторы с фиксированными лопастями раскручиваются под действием набегающего потока. На



Фиг. 8. Втулка н.в. вертолета «Спринтер»

Фиг. 9. Щелевое сопло на конце лопасти с воздушно-распределительным устройством вписанное в обводы лопасти

скоростях в пределах 55-75 км/час летчик может продолжать полет по – вертолетному до скорости 185 км/час не включая вентиляторы, или включив вентиляторы может совершать полет в режиме крейсера, увеличивая горизонтальную скорость до 250 км/час. Так как вентиляторы раскручиваются заблаговременно, то переход на полные обороты занимает всего 0.5 секунды.

В таблице 2.9 приводятся весовые и прочие характеристики комбинированного вертолета НЗ.

#### Весовые и прочие данные

Таблица 2.9

Весовые данные	
Вес пустого	490 кг

Вес топлива	200 кг
Полезная нагрузка	270 кг
Взлетный вес	980 кг
Летные характеристики (стандартные условия по ISA, уровень моря, максимальный взлетный вес)	
Максимальная крейсерская скорость	250 км/час
Нормальная крейсерская скорость	240 км/час
Вертикальная скороподъемность	118 м/мин
Динамическая вертикальная скороподъемность	530 м/мин
Наивыгоднейшая скороподъемность (при дальности	390 м/мин
Эксплуатационный потолок (без кислородного	3980 м

Взлетный вес 980 кг складывается из веса пустой машины 490 кг плюс веса топлива при полезной нагрузке 270 кг.

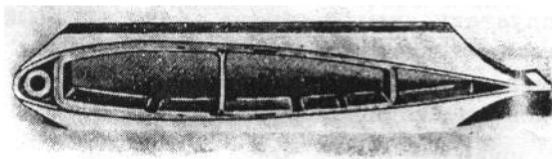
При максимальном взлетном весе и полете в стандартных условиях ISA на уровне моря максимальная крейсерская скорость равна 250 км/час, нормальная крейсерская скорость 240 км/час, скороподъемность в установившемся режиме 118 м/мин, наивыгоднейшая скороподъемность 400 м/мин и дальность при максимальной крейсерской скорости 500 км с 10-минутным резервом топлива.

Интересной особенностью вертолета НЗ является его **динамический взлет и набор высоты, которые оказываются возможными благодаря большому весу лопастей и, соответственно, значительному моменту инерции.** При раскрутке с малым шагом до максимального числа оборотов винт накапливает большое количество кинетической энергии, которую можно использовать в дополнение к нормальной мощности силовой установки. **Динамический взлет выполняется при постепенном увеличении шага с целью полного использования**

**запасенной энергии.** Этим обеспечивается избыточная подъемная сила, и вертолет может совершать вертикальный набор высоты со скоростью более 490 м/мин. На высоте 85 м накопленная винтом энергия расходуется полностью и машина продолжает вертикально набирать высоту с нормальной установившейся скоростью. Следует отметить, что динамический взлет отличается от прыжкового взлета тем, что в первом случае к н.в. подводится полная мощность на протяжении выполнения всего взлетного маневра, а при прыжковом взлете н.в. мощность не потребляет.

***Несмотря на большой момент инерции, разгон н.в. до максимальной скорости происходит всего лишь за 8 секунд, т.к. при нулевых оборотах к винту подводится полная мощность.***

Чтобы получить высокое значение коэффициента совершенства н.в. на висении с приводом холодного цикла поперечное сечение лопасти рассчитывалось таким образом, чтобы обеспечить, по возможности, максимальную площадь сечения трубопровода. Сечение лопасти показано на фиг. 11, **отношение площади сечения воздухопровода к**



Фиг. 11. Поперечное сечение комля лопасти н.в. вертолета НЗ

**площади поперечного сечения лопасти равно 60%. При таком отношении можно использовать профиль с 15% относительной толщиной при коэффициенте заполнения - 5.5%,** что согласуется с требованиями выполнения горизонтального полета и висения. Отсюда следует, что представленный проект по сравнению с другими проектами н.в. с приводом холодного цикла, характеризуется рядом значительных улучшений. Лопасть представляет собой сложную конфигурацию из тонколистового металла, склеиваемую за одну операцию.

Дальнейшей работе над проектом предшествовало тщательное сравнение потребных мощностей для Спринтера и чистого вертолета с обычным вальным приводом несущего и хвостового винтов. Анализ показал, что потребная результирующая сила на скоростях 240 км/час у н.в. с вальным приводом была на 27% выше из-за:

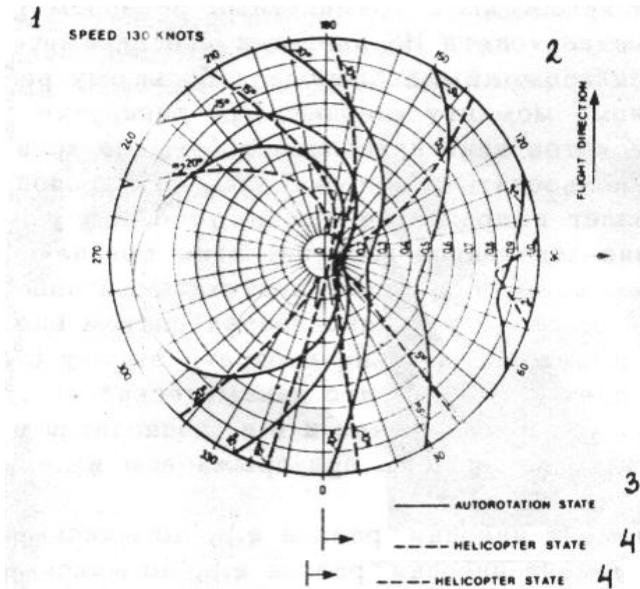
- отрицательной подъемной силы фюзеляжа;
- наклона диска н.в. для создания пропульсивной силы;
- дополнительного вредного сопротивления;
- сопротивления вследствие интерференции хвостового винта и хвостовой балки.

У авторотирующего н.в. вследствие более низкой результирующей силы, наступление срыва и рост лобового сопротивления замедляются, этим объясняется меньшее потребление мощности. Кроме того, достигается не только 4% экономия мощности (благодаря устранению вредного сопротивления хвостового винта), но экономится еще 3-3.5% мощности затрачиваемой обычно на привод хвостового винта.

На фиг. 12 показано распределение расчетных углов атаки лопасти для 2-х исследованных случаев.

Можно отметить более благоприятное распределение углов атаки у авторотирующего н.в., чем и обуславливается его более высокое аэродинамическое качество.

В итоге сделано заключение о том, что поскольку тяговый к.п.д. воздушных винтов или вентиляторов превышает 70%, то на скоростях выше 200 км/час общий к.п.д. системы привода разрабатываемого вертолета превысит к.п.д. привода эквивалентной машины с вальным приводом



Фиг. 12. Распределение углов атаки по диску н.в. при коэффициенте перегрузки  $n=2.87$ :

- 1 – скорость 240 км/час;
- 2 – направление полета;
- 3 – режим авторотации;
- 4 – вертолетный режим.

Общеизвестно, что простое сравнение характеристик не является достаточным для объявления преимуществ одной машины перед другой. Необходимо сопоставить также взлетные веса и величины прямых эксплуатационных расходов. Качественный уровень разработки каждого проекта является также одним из факторов, влияющих на конечный результат. Но фирма была удовлетворена тем, что ей удалось разработать, если не лучший, то, по крайней мере, конкурентоспособный проект.

После многолетней тщательной подготовки проект был остановлен, т. к. вертолеты с механическим приводом к тому времени начали быстро развиваться в связи с появлением мощных и легких реактивных двигателей.



Рис.2.19. H-3

Avian 2/180 «Gyroplane», сертифицированный двухместный автожир вертикального взлета, 1968, Канада [6].

Серийное производство этих автожиров так и не было развернуто, несмотря на успешное прохождение всех испытаний. Вместо этого правительство заказало проект небольшого вертолета. Подробно описание конструкции и истории создания «Авиана» приведено в 4. Тяжелые легкие лопасти.



Рис.2.20. Авиан

Rabouyt D-2, двухместный автожир, взлетающий вертикально, 1971, Франция [6].

Впервые был показан на авиасалоне в Париже в 1971 г. D 2 является двухместным автожиром. Он взлетает вертикально, как вертолет, во всех других режимах полета несущий винт работает в режиме авторотации. Для движения вперед усилие от двигателя передается на толкающий отунелованный воздушный винт. Управление полетом осуществляется наклоном оси вращения ротора. Управление на земле осуществляется педалями, соединенными с рулем направления. В полете педали не используются.

Сообщается, что подход к месту посадки осуществляется совершенно безопасно на скорости 30 км/час без риска войти в штопор и падения. D 2 был первоначально оборудован двигателем недостаточной мощности и в ходе испытаний был переоборудован. На нем установили авиационный двигатель мощностью 150 л.с.

Двухлопастный полужесткий ротор оборудован механизмом, ограничивающим моментную вибрацию. Лопасты с постоянной хордой из древесной склейки, покрыты стеклотканью на эпоксидной смоле. Не считая фазы вертикального взлета, ротор постоянно находится в авторотации, так что в случае любой поломки аппарат может совершить посадку с нулевой скоростью.

Для горизонтального полета двигатель связан с четырехлопастным отунелованным воздушным винтом изменяемого шага, синхронизованным с шагом несущего винта.

Фюзеляж сделан по типу подвешного оборудования, из труб хром-ванадиевой стали с эпоксидным покрытием.

Хвостовое оперение имеет только вертикальные плоскости, включая маленький киль и большой руль направления, поддерживаемый балкой, идущей от нижней части фюзеляжа.

Неубирающееся трехколесное шасси с обтекателями на задних колесах. Носовое колесо соединено с рулем направления через педали для управления на земле.

Места для двух членов экипажа расположены рядом, в полностью закрывающейся кабине. Вход через открывающиеся вперед двери с каждой стороны кабины.



Рис.2.21. D-2

### Летно-технические характеристики

Таблица 2.10

Диаметр ротора	10,0 м,
Длина общая без ротора	5,29 м.
Ширина общая	2,36 м,
Высота общая	2,45 м,
Максимальная взлетная масса	750 кг.
Масса в перегруженном состоянии	800 кг,
Характеристики для максимальной взлетной массы и двигателя мощностью	150 л.с.
Крейсерская скорость	180 км/час.
Минимальная окорость	30 км/час,
Максимальная дальность	720 км

В-8МJ, одноместный автожир Бенсена с «прыжковым» стартом. Оборудован специальной втулкой с ДВС (мотовтулкой), первый полет – 1977 г., США [4].

Опыт показал, что В-7М вяло выполнял команды пилота, что энерговооруженность аппарата недостаточна, что нужен более мощный двигатель и В-8М оснастили 72-сильным двухтактным двигателем. В-8М стал наиболее известной и повторяемой моделью Бенсена. Фирма продавала чертежи по цене \$30 или набор для

сборки за \$995, двигатель можно было приобрести по цене от \$495 до \$1195. Для сборки требовалось около 40 человеко-часов [1].

#### Летно – технические характеристики В-8М

Таблица 2.11

Диаметр несущего винта, м	6,55
Масса пустого, кг	112
Максимальная взлетная масса, кг	250
Крейсерская скорость, км/ч	104
Максимальная скорость, км/ч	152
Практический потолок, м	4500
Мощность двигателя, л.с.	72

До сих пор Bensen В-8М летают по всему миру, немало объявлений об их купле-продаже можно найти в Интернете. Компания Bensen Aircraft Corporation выпускала эти автожиры вплоть до своего закрытия в 1987 г. Бенсен В-8М оказался самым массовым автожиром фирмы и, вероятно, самым массовым автожиром в мире. Игорь Бенсен мечтал о летательном аппарате, доступном для каждого, и столь простом в управлении, что научиться летать на нём можно самостоятельно [1].

В-8МJ. Для выполнения прыжкового взлета ротор нового автожира был оснащен двумя двигателями МакКаллох-101, по 12 л. с. Каждый.

Прыжок выполнялся с тангажом до 30 градусов до высоты 3 метра, после чего машина переходила в горизонтальный полет.



Рис.2.22. В-8МJ

**CSIR SARA 3**, двухместный экспериментальный автожир с вертикальным взлетом, 1977. ЮАР [6].

Новый модифицированный автожир SARA 3 был разработан в 1976-77гг., когда были изобретены новые технологии производства лопастей из стеклопластика. Первый полет этот автожир совершил 1 августа 1977 г., а через 3 месяца был показан на выставке «Эр Африка Интернэшнл». Втулка ротора этого автожира – это втулка новой конструкции, которая позволяет делать короткий вертикальный взлет, она была запатентована. Эта конструкция предусматривает простую, но полностью автоматическую втулку изменяемой геометрии, что позволяет ротору вращаться на больших скоростях на земле при угле наклона лопастей  $0^\circ$  и изменяет угол установки до  $4^\circ$  как требуется при полете, когда диск ротора наклоняется назад. Для вертикального взлета «прыжком», изменение угла происходит путем наклона диска ротора вперед вдоль скользящей шарнирной линии до упора.

SARA 3 - двухместный экспериментальный автожир.

Система ротора: 2-х лопастный качающийся ротор с автоматической втулкой изменяемой геометрии, лопастями постоянной хорды с профилем НАСА 23015 из стеклопластика. Тормоз ротора отсутствует.

Привод ротора, используемый только для раскрутки, состоит из ременной муфты и шарниров кардана из стальной трубы с двумя редукторами с поворотом на  $90^\circ$ .

Фюзеляж изготовлен из легкого сплава и стеклопластика.

Хвостовое оперение сделано из ударопрочного легкого сплава и состоит из двойного кия с рулями направления, поддерживаемого горизонтальным стабилизатором с двойными подкосами и балками. На стабилизаторе установлены триммера на половину его размаха.

Неубирающееся трехколесное шасси с управляемым передним колесом, на каждой стойке которого установлены масляно-пневматические амортизаторы.

Двигатель «Лайкоминг» 0-360-А мощностью 180 л.с., 4-х цилиндровый плоский, вращающий 2-х лопастный пропеллер

«Харцелл». Топливный бак в фюзеляже имеет емкость 80 л, маслбак – 9 л.

Экипаж два человека, сиденья рядом, двойное управление. Доступ в кабину через открывающийся вперед «пузырь» кабины.

Электроника включает 12 В батарею и радио.

#### Летно-технические характеристики

Таблица 2.12

Диаметр ротора	10,50 м.
Хорда лопасти	0,322 м,
Длина фюзеляжа	3,78 м.
Ширина	1,35 м.
Высота по втулку ротора	2,69 м,
Колея	2,15 м.
База	1,95 м,
Диаметр пропеллера	1,83 м,
Максимальная ширина кабины	1,2 м,
Максимальная высота кабины	1,0 м,
Ометаемая ротором площадь	86,59 м <sup>2</sup>
Площадь одной лопасти	1,51 м <sup>2</sup> ,
Общая площадь килей	1,4 м <sup>2</sup> ,
Общая площадь рулей	0,49 м <sup>2</sup>
Площадь стабилизатора	1,24 м <sup>2</sup> .
Вес пустого	480 кг.
Максимальный валетный вес	735 кг,
Максимальная скорость у «емли	150 км/час,
Крейсерская скорость	110 км/час.
Минимальная скорость	48 км/час,
Максимальная скороподъемность	5 м/сек.
Разбег в спокойную атмосферу	20 м.
Взлетная дистанция до подъема на 15 м	85 м.
Посадочная дистанция с 15 м	75 м,
Пробег в штиль	10 м,
Максимальная дальность беа резерва	200 км,
Максимальное время полета	1 час 50 мин



Рис.2.23. Sara

**We – 04**, конструктор Вестермайер, втулка НВ вертолетного типа, 1980, Австрия [6].

Оскар Вестермайер, глава австрийского отделения Международной Ассоциации Автожиров, построил 4 легких автожира, описание конструкции которых приведено ниже.

Вестермайер WE 01 был собран в 1969 году, WE 01 (OE-AX'W)- по конструкции схож с В-8М. На нем установили двигатель «Фольксваген» в 65 л.с. объемом 1800 см<sup>3</sup> и двухлопастный ротор, первоначально из дерева, позднее из стеклопластика.

#### Летно-технические характеристики

Таблица 2.13

Диаметр ротора – 6,9 м,  
Длина фюзеляжа – 3,1 м,  
Высота – 2,0 м,  
Масса пустого – 155 кг,  
Максимальная взлетная масса – 270 кг,  
Максимальная скорость – 120 км/час,  
Крейсерская скорость – 90 км/час,  
Максимальная скороподъемность – 2-3 м/сек,  
Разбег – 100 м,  
Дальность полета с максимальным запасом топлива 160 км

WE 02 представлял собой испытательный стенд для нового стеклопластикового ротора с качающейся втулкой и автоматическим изменением шага для перехода от раскрутки ротора к полету.

WE 03 (OE-AXB), использовался для испытаний различных вариантов втулки ротора, имел двигатель «Фольксваген», объемом 2600 см<sup>3</sup>.

WE 04 (OE-AXR) похож на WE 03, представляет собой дальнейшее развитие одноместного автожира Вестермайер. Первый полет состоялся в начале 1980 г, а построен он был в 1978 г. На нем было опробовано много новшеств для аппаратов этого класса, включая цельностеклопластиковые лопасти ротора, патентованную втулку ротора вертолетного типа, обеспечивающую управление общим и циклическим шагом ротора, что обеспечивало устойчивость и безопасность полета. Для взлета ротор раскручивался до 500 об/мин, а лопасти могли поворачиваться на угол до 7°. Лопасти были изготовлены из материала «Геветекс Гласроувингс» с покрытием аз «Рохаселл 31», пропитанного эпоксидной смолой CIBA в нагреваемой металлической матрице. Профиль лопасти НАСА 8Н-12.

WE 04 имел металлический фюзеляж, со стеклопластиковым покрытием кабины. Фонарь кабины был изготовлен из цельного куска плексигласа, открывался набок. Шасси трехколесное, неубирающееся, с управляемым носовым колесом и небольшим дутиком под хвостовой балкой. Он имел неподвижный стабилизатор, с большим рулем направления с триммером на задней кромке. Все поверхности оперения имели деревянную обшивку.

Двигатель «Фольксваген», объемом 2600 см<sup>3</sup> мощностью в 70 л.с. с 2-х лопастным деревянным пропеллером фиксированного шага. Обороты авторотации в крейсерском полете составляли 380-400 об/мин. Другие летно-технические характеристики приведены в таблице 2.14.

## Летно-технические характеристики

Таблица 2.14

параметр	значение
Диаметр ротора –	7,4 м,
Хорда лопастей	0,18 м.
Длина фюзеляжа –	3,92 м,
Высота •–	2,2 м,
Диаметр пропеллера –	1,38 м,
Масса пустого –	230 кг,
Максимальная взлетная масса	340 кг,
Максимальная скорость	150 км/час,
Крейсерская скорость	120 км/час,
Максимальная скороподъемность	5 м/сек, /у земли/
Разбег	10 м,
Дальность полета с максимальным	250 км.



Рис.2.24. We-04

AISA-GN, четырехместный легкий автожир, обладающий способностью выполнять взлет «прыжком», 1981, Испания [6].

Разработка автожира GN началась в начале 70-х годов 20 века, а сборка 2-х прототипов, один из которых был предназначен для

наземных испытаний, началась в 1979 г. Большая часть статических испытаний была закончена в январе 1981 г. Первый полет прототипа был выполнен осенью 1981 г., а летные испытания были назначены на весну 1982 г. Предполагалось получить сертификацию ФАР.

GN 4-х местный автожир с прыжковым взлетом.

Свободно-вращающийся 4-х лопастный ротор, имеющий лопасти из легкого сплава с симметрическим профилем НАКА, подобным профилю несущего винта вертолета «Белл-47G». Лопасти имеют ГШ и ВШ с гидравлическими демпферами. Ротор снабжен тормозом. Нормальные обороты авторотации – 138+168 об/мин, они увеличиваются до 188,4 об/мин при выполнении взлета «прыжком». Втулка нВ имеет управление общим и циклическим шагом.

Для раскрутки ротора на земле и взлета используется мощность двигателя, передаваемая через 2-х ступенчатый редуктор и гидравлическую муфту. Трансмиссия может отключаться вручную или автоматически, когда достигнуты необходимые обороты и угол установки лопастей для взлета. Степень редукции от двигателя к ротору 1: 9.

Автожир имеет небольшие металлические крылья без управляемых поверхностей, с профилем НАСА 0024, от концов которых отходят назад хвостовые балки, имеющие горизонтальный стабилизатор, заключенный между двумя киями с рулями направления из легкого дюралюминия. На стабилизаторе имеется триммер. Монококовый фюзеляж подвесного типа из алюминиевого сплава и с плексигласовым остеклением.

Трехколесное неубирающееся шасси, имеющее на каждом колесе амортизатор масляно-пневматический А15А. Все три колеса и шины фирмы «Гудьир». Переднее колесо управляется педалями. На основных колесах находятся тормоза системы «Гудьир». Внизу каждой хвостовой балки установлен костыль.

Двигатель «Авко-Лайкоминг» мощностью 300 л.с. типа Ю-540-К1А5, плоский, шестицилиндровый, вращающий металлический двухлопастной толкающий воздушный винт «Харцелл» постоянной частоты вращения. Имеется обтекатель втулки воздушного винта. Двигатель приводит ротор во вращение на земле для взлета. В

крыльях установлены 4 топливных бака и один в фюзеляже. Их общая емкость –151 л. Заправочные горловины сверху крыльев.

Полностью закрывающаяся кабина имеет впереди два сиденья для пилота и одного из пассажиров и скамью для пассажиров сзади. В прототипе все 4 сидения были оборудованы парашютами, а в варианте для продажи за скамьей располагался багажник. У прототипа двери сняты, а на последующих машинах двери с каждой стороны открываются вперед. Имеется полное двойное управление, за исключением ручки общего шага, единой для обоих пилотов. Установлен стандартный обогрев и вентиляция кабины

Имеются также 24 вольтовая батарея для запуска двигателя, которая заряжается наземным оборудованием и система огнетушения.

Автожир оборудован радиостанциями VHF, VOR и ADF. Оборудование для ночного полета отсутствует.

#### Летно-технические характеристики

Таблица 2.15

Диаметр ротора	12,0 м,
Хорда лопасти /постоянная/	0,28 м.
Ометаемая ротором площадь	108,62
Размах крыла и оперения	2,6 м,
Хорда крыла /постоянная/	0,85 м,
Общая длина без ротора	6,5 м.
Общая высота	3,2 м,
Максимальная ширина /с колесами/	2,83 м,
Колея колес	2,67 м.
База	2,89 и.
Диаметр пропеллера	2,14 м,
Двери: /каждая/ Ширина	0,93 м.
Высота	1,085 м,
Кабина: Максимальная ширина	1,14 м,
Максимальная высота	1,24 м,
Вес пустого	978 кг,
Максимальная нагрузка	308 кг,



Robinson R-44 с заменой винта управления на традиционный для автожиров винт Харцел. Стоимость Hawk 4 оказалась вдвое выше, чем у Robinson R-44. В серийное производство запущен не был по экономическим причинам.



Рис.2.26. Hawk-4

**Р-14М**, конструктор В. Хрибков, втулка с автоматом перекоса, 1997, Россия [9-2].

Данных об этом автожире немного и они полностью приведены в разделе 5. Миф о втулках несущего винта.



Рис.2.27. Р-14М

**А-002**, конструктор А. Татарников, втулка содержит часть автомата перекоса, позволяющую управлять общим шагом и коромысло с тягами поводков, расположенное над лопастями, 1998, Россия [10]

Автожир А-002 – летательный аппарат внеаэродромного базирования, сочетающий в себе свойства самолета и вертолета. У него, как у вертолета есть свободновращающийся несущий винт, который приводится в действие не двигателем, а набегающим потоком воздуха и выполняет функции крыла, создавая подъемную силу. В отличие от крыла самолета, несущий винт автожира не имеет срывных режимов, что обеспечивает высокий уровень безопасности летательного аппарата. Автожир предназначен для многоцелевого использования. Он может выполнять «прыжковый» взлет ( без разбега под углом 50-70 град. К линии горизонта) и вертикальную посадку на ограниченную площадку, соизмеримую с размерами самого аппарата.

Базовый вариант автожира А-002, разработанный онструкторами ОКБ легкой авиации ИАПО, допускает возможность модификаций и различную комплектацию съемного и навесного оборудования в зависимости от требований Заказчика.

Автожир А-002 оборудован закрытой комфортабельной обогреваемой кабиной. В качестве топлива, в зависимости от типа двигателя, может использоваться бензин следующих марок: АИ-95, Б-91/115, 100 и 100L. Для хранения автожира и его обслуживания возможно использование автомобильного гаража. Габаритные размеры автожира в положении для хранения и транспортировки – мм: 5180 x 2750 x 2450. Буксировка автожира на земле осуществляется легковым автомобилем.

К особенностям автожира можно отнести: «прыжковый» взлет и посадку без пробега ;

- большой диапазон скоростей горизонтального полета;
- закрытую обогреваемую кабину;
- модульную конструкцию;
- малые габариты;
- двойное управление.

Данный летательный аппарат способен решать следующие задачи:

- административно-связные функции;
- экологический и радиационный контроль;
- перевозка легких грузов;
- поисковые и спасательные работы;
- метео- и ледовая разведка;
- срочная медицинская помощь в труднодоступных районах;
- контроль состояния ЛЭП, нефте- и газопроводов;
- аэрофотосъемка;
- обучение и тренировка пилотов.

Эксплуатационные характеристики:

- возможность безаэродромного базирования;
- простота обслуживания ;
- возможность использования автомобильного гаража для хранения - использование автомобильного бензина;
- низкая стоимость эксплуатации.

Безопасность:

- простота и надежность конструкции;
- отсутствие режима сваливания и возможность безопасной посадки при отказе двигателя;
- малая чувствительность к атмосферной турбулентности;
- управление автожиром не требует высокой квалификации летного состава.

«Прыжковый» взлет выполняется при необходимости взлета с ограниченной площадки на высоту 4-8 метров.

При необходимости приземления на ограниченную площадку выполняется парашютирующее снижение. Увеличение общего шага несущего винта (при крутых траекториях и вертикальном снижении). Для уменьшения вертикальной скорости и посадка.

#### Летно-технические характеристики

Таблица 2.16

Модификация	A-002
Диаметр несущего винта, м	9.60
Диаметр маршевого винта, м	1.90

Длина, м	4.98
Высота, м	3.20
Масса, кг	
пустого	420
максимальная взлетная	750
взлетная в перегрузочном варианте	800
Тип двигателя	1 ПД
Мощность, л.с.	1 x 180-210
Максимальная скорость, км/ч	210
Крейсерская скорость, км/ч	180
Минимальная скорость, км/ч	40
Практическая дальность, км	620
Скороподъемность, м/мин	300
Практический потолок, м	3000
Экипаж, чел	1
Полезная нагрузка:	2 пассажиров или 350 кг груза



Рис.2.28. А-002

**МАИ-205**, конструктор В. Лапшин, втулка НВ с автоматом перекоса, 2000, Россия [11]

Привод НВ производится с помощью ременной передачи, системы тяг, роликов и электромеханизма. Для выполнения прыжка НВ

раскручивается на земле до оборотов в 1,3...1,5 раза превышающих обороты несущего винта в горизонтальном полете. После раскрутки НВ пилот кнопкой на ручке управления автожиром включает режим прыжка – за 2...3 секунды увеличивается угол установки лопастей до 10 градусов. За счет увеличения шага лопастей НВ создается положительная вертикальная перегрузка (тяга воздушного винта), и автожир, используя кинетическую энергию раскрученного НВ, отделяется от земли, при этом система обрабатывает шаг НВ до 4 градусов, а за счет тяги толкающего воздушного винта автожир переходит в поступательное движение с увеличением скорости и с небольшой просадкой переходит в режим разгона и набора высот

На автожире сзади, в толкающей открытой компоновке, установлен на кольцевой мотораме один двигатель «Rotax-914ULS» (Австрия) – поршневой, жидкостного охлаждения, с оппозитным расположением цилиндров, с карбюраторным образованием смеси, четырехцилиндровый, четырехтактный, с турбонаддувом, мощностью 100 л. с. И максимальной взлетной мощностью (с включенным турбонаддувом) 115 л. с. В качестве топлива используется бензин с октановым числом не менее 95 по исследовательскому методу. Поставщик двигателей – АО «Авиагамма» (Москва). Тпливный бак емкостью 30 л, интегрированный в единый конструктивный блок с двумя комфортабельными баками для химикатов.

#### Геометрические характеристики

	Таблица 2.17
Длина без НВ, м	5,32
Длина с вращающимся НВ, м	9,0
Высота (до верхней точки вала НВ), м	2,87
Диаметр НВ, м	9,0
Коэффициент заполнения	0,0453
Угол установки оси вала НВ, град 5	
Угол поперечной установки оси вала НВ, град	1
Относительная толщина профиля лопасти НВ, %	12
Профили лопасти НВ	NACA-23012
Угол конусности лопастей, град	5
Геометрическая крутка лопастей, град	0
Угол установки лопастей (раскрутка)	-1
Угол установки лопастей («прыжковый старт»)	10

Угол установки лопастей (взлет по самолетному)	4
Угол установки лопастей (горизонтальный полет)	4
Максимальный угол поворота лопасти в горизонтальном шарнире, град	8
Угол отклонения тарелки автомата перекоса, град	-5...+5
База шасси на стоянке, м	1,81
Колея на стоянке, м	1,52

#### Расчетные летные характеристики

Таблица 2.18

	m пол = 410 кг	m пол = 530 кг
Минимальная приборная скорость горизонтального полета у земли, км/ч	30	44
Максимальная скорость горизонтального полета у земли при работе двигателя на максимальном режиме, км/ч	145	115
Максимальная непревышаемая скорость полета, км/ч	160	160
Максимальная скороподъемность у земли, м/с	5,1	2,7
Длина разбега при взлете с предварительной раскруткой ротора НВ, м	50	100
Скорость отрыва при взлете с предварительной раскруткой ротора НВ, км/ч	60	66
Длина разбега при прыжковом старте, м	~0	~0
Скорость отрыва при прыжковом старте, км/ч	12	8
Посадочная скорость при посадке с пробегом, км/ч	35	40
Длина пробега при посадке с пробегом, м	35	50
Посадочная скорость при посадке с подрывом, км/ч	5	10
Длина пробега при посадке с подрывом, м	0	10
Наивыгоднейшая скорость набора высоты, км/ч	90	90
Практический потолок, м	4250	1750
Максимальная дальность полета без с/х оборудования, км	185	-
Радиус установившегося виража, м	30	30
Максимальная допустимая эксплуатационная перегрузка	+3,5	+3,5
Минимальная допустимая эксплуатационная перегрузка	+0,5	+0,5

#### Весовые данные

Таблица 2.19

Масса пустого автожира в с/х варианте, кг	370
Максимальная масса топлива в баке, кг	22
Максимальная взлетная масса, кг	530
Максимальная посадочная масса, кг	530
Максимальная масса химикатов, кг	70
Максимальная масса пилота, кг	100
Минимальная масса пилота, кг	50



Рис.2.29. МАИ-205

Gyrhino, конструктор Д. Дегро, втулка нв с автоматом перекося, 2000, США [12]

Был построен специально для Кэрол Дегро. После шести лет успешных полетов на Gyrhino Кэрол разбилась, но тяги к полетам не потеряла.

В полете несущий винт не полностью отделяется от двигателя и продолжает забирать часть мощности двигателя. Возникающий при этом реактивный момент, выражающийся во вращении корпуса, парируется огромным хвостовым оперением.



Рис.2.30.Gyrhino

**Rhino-2**, конструктор Д. Детро, втулка нВ с автоматом перекоса, 2002, США [13]

Усовершенствованный вариант Gyrhino. Накопленный опыт позволил уменьшить размеры хвостового оперения, усовершенствовать кабину, шасси. По-прежнему, в полете часть энергии двигателя передавалась на нВ, что улучшало характеристики машины. На видеороликах оба аппарата синхронно взлетали.



Рис.2.31.Rhino-2

**На перекиси\***, конструктор, втулка нв с фиксированным шагом, до 2003, Швеция, автожир с вертолетным взлетом [14]



Рис.2.32. «На перекиси»

**Паровой\***, конструктор И.Лозовский, втулка нв с фиксированным шагом, 2005, Россия, автожир с вертолетным взлетом [14]

Автожир Паровой. Привод несущего винта данной конструкции автожира содержит теплоизолированный баллон с нагревателем (типа бензиновой горелки или другой), пусковой кран и магистрали, подающие пар к реактивным соплам, расположенным на концах лопастей несущего винта. Пар вырабатывается и накапливается до взлёта в баллоне посредством нагревателя. После открытия пускового крана, пар поступает на концы лопастей и выходит через реактивные сопла. Под действием тяги реактивных сопел раскручивается несущий винт. Таким образом, можно получить вертикальный взлёт летательного аппарата. Пар, накопленный в баллоне, расходуется только на взлёт. Вся система полностью монтируется на летательном аппарате.

Отличия от схемы на перекиси:

- наличие системы нагрева пара;

- отсутствие насоса высокого давления и катализаторов.

В целом, обе схемы похожи не только внешне, но и своими характеристиками.

По данной теме проведен ряд теоретических исследований и разработано несколько проектов автожиров.

Основные характеристики экспериментального автожира:

- Взлётная масса 160 кг;

- Диаметр НВ 5 м;

Лопастей

- Относительная толщина в корневой части 16%;

- Относительная толщина в концевой части 13%;

- Профиль плоско-выпуклый с положением максимальной толщины 30% от хорды;

- В лопасти проходил трубопровод с внутренним диаметром 12 мм;

- Форма лопасти трапециевидная без геометрической кривки;

- Основа лопасти деревянная, обшивка – стеклопластиковая;

- Силовая установка 22 л.с.

- Диаметр воздушного винта 1200 мм

- Рама сварная из стальных труб

- Рессоры из труб Д16т

Ступица НВ имеет два горизонтальных и вертикальные шарниры. На вертикальных шарнирах имеются фрикционные демфера.

Статическая тяга реактивных двигателей около 8 кгс.

Масса лопасти примерно 10-12 кг, причем масса распределена не равномерно, на концах лопастей имеются противофлаттерные грузы.

- Профиль лопасти выбирался из соображений технологичности, возможности установки трубопровода, а также соблюдения прочности, поэтому не имеет конкретной серии.

Частота вращения НВ не измерялась (не было тогда необходимого прибора). Расчетная частота НВ 8 об/сек.

- Шаг НВ не меняется, хотя в ходе испытаний его перестраивали на разные углы в пределах 3 – 5 градусов.

Замечания по прыжку. Данная схема позволяет при достаточном подведении рабочего тела, выполнять набор высоты или висение, поэтому получается не «прыжок», а скорее вертолётный взлёт.



Рис.2.33. «Паровой»

Lfino, конструкторы Д. Дегро, Э. Бойетт, втулка нв с автоматом перекоса, 2005, США[15]

Создавался на основе опыта, накопленного при эксплуатации Gyrhino и Rhino-2. Двухместный.

Эрни Boyette и Дик DeGraw хотели доказать правильность концепции транспортного средства, предназначенного для использования возможностей технологии прыжевого взлета и посадки и развитой аэродинамики фюзеляжа в современных автожирах. Они надеялись, что их аппарат может быть использован полицией и военными.

На автожире был установлен 3-х лопастный несущий винт. LFINO мог выполнять взлёт и приземление без разбега и пробега, что позволяло пилотам использовать плотно закрытые пространства, в которых обычно используют только более дорогие вертолеты. Частично роторная система в полете раскручивалась от силовой установки, что уменьшало сопротивление ротора и позволяло увеличить крейсерскую скорость и дальность полёта. Очень мощное тройное хвостовое оперение с центральным горизонтальным стабилизатором, даже при неблагоприятных

погодных условиях должно было обеспечивать устойчивый полет на всех режимах. Кабина двухместная, для улучшения обзора использована напольная приборная панель.

В 2007 испытания были прекращены, ввиду невозможности достижения приемлемой управляемости аппарата.



Рис.2.34. Lfino

CGDT, конструктор Д. Картер, втулка нв звездочка, 2006, США [16].

В конце 2004 года Carter Aviation Technologies изготовила из серийного кит-набора для сборки оригинальный автожир, используя для этого свои технологические наработки. Новый автожир был назван CarterGyro Demonstrator/Trainer (CGD/T или CarterGyro).

Роторная система, редуктор для прыжкового взлета, запатентованные пропеллер и шасси отличали его от серийного аппарата. Ротор имел диаметр 7,92 метра. Для повышения безопасности был разработан специальный механический регулятор шага. Для подтормаживания высокоинерционного ротора был использован специальный тормоз. Композитный пропеллер с пустотелыми лопастями диаметром 1,5 м. позволил получить около 130 килограммов тяги при мощности двигателя в 60 л.с. Новое шасси с ходом в 35 сантиметров способно выдерживать удар при посадке в 6 G.

В конструкции ротора применена втулка типа звездочка. Торсион выполнен в форме круга, имеется управление общим и

циклическим шагом. Автомат перекося расположен под лопастями, коромысло, к которому присоединены поводки, размещено выше лопастей. Для раскрутки ротора использована механическая система. На видеороликах видно, как при подъеме коромысла крышка над втулкой приоткрывается.

Чтобы показать, что автожир может выполнять высокие прыжки, Д. Картер до предела утяжелил и удлинил лопасти, подвесив под каждую груз массой 2,4 кг, и довел диаметр ротора практически до 8 метров. Прыжки выполнялись при встречном ветре 6 метров в секунду.

Во время летных испытаний CGD/T компании Carter Aviation Technologies выполнил несколько вертикальных взлетов на высоту более 50 метров вертикально вверх.

Новая роторная система тестировалась на земле при оборотах 670, однако летные испытания начались с более низких оборотов. Во время одного из первых испытаний был произведен прерванный взлет с минимальными оборотами, чтобы доказать, что в роторе запасено достаточно энергии для безопасного возвращения на землю.

Затем был произведен почти вертикальный заход на посадку, и посадка была прервана всего в 30 см. от земли. Маневр оказался успешным. Затем обороты ротора были доведены до 490. Именно после этого угол подъема на высоту 50 метров стал практически вертикальным. Если во время вертикального взлета автожир двигался вперед, он набирал высоту более 100 метров, прежде чем обороты ротора уменьшались до крейсерских. Индикатор перегрузки показывал при взлете 2,25 G [6].

Автожир может вертикально взлететь, пролететь 200 миль, затем безопасно сесть и снова взлететь со стоянки для грузовиков после дозаправки, обеда или отдыха. CGD/T представляет собой мини-ПАМ (Персональный Автомобиль).

Блестящая демонстрация возможностей автожира с прыжковым взлетом доказала, что такие летательные аппараты имеют огромные перспективы.



Рис.2.35. CGD/T

**Поло**, конструктор Б. Половинкин, втулка нв содержит часть автомата перекося, позволяющую изменять общий шаг и коромысло с тягами поводков расположенное над лопастями, 2008, Россия [17].

Работы продолжались десять лет. Аппарат многократно перестраивался, существенно менялась взлетная масса, тип и мощность двигателя, кабина. Попытки получить высоту прыжка более двух метров не удались. Наиболее интересной в конструкции получилась втулка несущего винта и, особенно, высокотехнологичный стеклопластиковый торсион.



Рис.2.36. «Поло»

## 2.5. Немного статистики

Всего мы обнаружили 36 различных моделей автожиров взлетающих с места. Их изготавливали в 12 странах мира:

США -13;

СССР и Россия – 5;

Англия – 5;

Франция – 4;

ФРГ – 2;

Канада -1;

Австрия – 1;

Австралия – 1;

Испания - 1;

ЮАР - 1;

Бразилия – 1;

Швеция – 1.

Для 78 лет существования список автожиров с прыжковым взлетом получился на удивление коротким. Общее количество таких

аппаратов, очевидно, не превышает двух сотен, учитывая 68 единиц Air & Space 18A, имевших сертификат типа США и нескольких десятков C-30P и C-40. При этом вертолеты бурно развивались и основным качеством, обеспечившим им такое распространение, называли возможность взлета и посадки без использования взлетно-посадочной полосы.

Общее количество автожиров в мире составляет 10-30 тысяч [18].

Вице-президент Вертолетного общества РФ Е. И. Ружицкий подсчитал, что до 2000 года в мире было построено 110 тысяч вертолетов [19] Можно предположить, что за последние 12 лет это число удвоилось.

Вопреки малому распространению автожиров с прыжковым взлетом их потенциал просто огромен. Приведем только три факта

Автожир пролетел через автомобильный тоннель Сан-Бернард между Швейцарией и Италией, длина которого составляет несколько километров. [20] Ни самолет, ни вертолет, ни любые другие летательные аппараты на это не способны.

Самое широкое распространение получила продажа автожиров в виде КИТ-наборов для самостоятельной постройки. Летают такие аппараты любительской сборки вполне успешно.

Полезная нагрузка автожира с прыжковым взлетом может превысить 60 процентов. Для сравнения: самый распространенный в мире вертолет Robinson R-22 имеет полезную нагрузку менее 26 процентов. Рельеф местности, над которой летит человек, не имеет значения, автожир с прыжковым взлетом доставит своего седока «от подъезда до подъезда». Учитывая размеры территории большинства стран мира, можно предположить, что автожир с прыжковым взлетом имеющий дальность полета до 300 – 600 километров сможет выполнять любые внутренние пассажирские перевозки.

## **2.6. Источники**

1.Солодников И., Торошин А., Карлов А. Автожиры как вид транспорта //Авиация общего назначения: научно-технический журнал, Харьков, №7,2010, с. 32-37.

2. Камов Н.И. Винтовые летательные аппараты – М.: Оборонгиз. 1948. – 207 с.

2-2. Жабров А. А. Автожир и вертолет., М.-Л.: Издательство ЦС Осоавиахима, 1939, 149 с.

3. Катышев Г. И. Создатель автожира Хуан де ла Сьерва (1895– 1936) –М. Наука, 1986.-160 с., ил.-(Научно-биографическая литература). М.: Наука, 1986. -160 с.

3-2. История конструкций самолетов в СССР 1951-1965гг. Глава 13. Винтокрылые летательные аппараты других ОКБ, учебных институтов и авиаконструкторов-любителей (сайт <http://www.airwar.ru/other/shawrov/htmls/glava13.html>, дата: 26-05-2012)

4. Козярчук Л.Л. Зарубежные автожиры 1945-1995. Сборник статей, Луцк: Вежа-Друк, 2012. – 550 с.

5. Козярчук Л.Л. Автожиры и вертолеты 1944-2002. Каталог конструкций (2-изд.) – Луцк Вежа-Друк, 2013.-450 с.

6. Козярчук Л.Л. Зарубежные автожиры и вертолеты 1934-1988. Сборник статей – Луцк; Вежа-Друк, 2013 – 460 с.

7. Шевко С.В. Вертолет с двигателем от бензопилы – невероятно, но факт//Авиация общего назначения: научно-технический журнал, Харьков, №6,2008, С. 23-26.

8. статья Air & Space 18A Википедия (сайт: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Air\\_%26\\_Space\\_18A](http://ru.wikipedia.org/wiki/Air_%26_Space_18A), дата 18-06-2012)

9. статья Groen Brothers Aviation Википедия (сайт: [http://en.wikipedia.org/wiki/Groen\\_Brothers\\_Aviation](http://en.wikipedia.org/wiki/Groen_Brothers_Aviation) , дата 28-08-2012)

9-2. Р-14.Документация ОКБ Ротор, г. Кумертау

10. статья А-002 на сайте <http://www.airwar.ru/enc/la/a002.html> , дата: 29-06-2012

11. статья Автожир МАИ-205 на сайте <http://www.airwar.ru/enc/la/a250.html> дата: 18-05-2012)

12. статья Автожир «Егерь» -вездеход странник на сайте: <http://strannik.flyboard.ru/topic416-45.html> дата 13-07-2012

13. [http://go.mail.ru/search\\_video?q=%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D1%80+%D1%81+%D0%BF%D1%80%D1%8B%D0%B6%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%BC+%D0%B2%D0%B7%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BC+%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE](http://go.mail.ru/search_video?q=%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D1%80+%D1%81+%D0%BF%D1%80%D1%8B%D0%B6%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%BC+%D0%B2%D0%B7%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BC+%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE) видео автожир с прыжковым взлетом дата 04-08-2012

14. [http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/news/conf\\_kadry\\_MAKS\\_2009/konkurs/Gorbunov\\_1.pdf](http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/news/conf_kadry_MAKS_2009/konkurs/Gorbunov_1.pdf) - дата: 29-06-2012

15. Статья L.F.I.N.O. на сайте

<http://www.rotorflightdynamicsinc.com/lfino.html> дата 28-06-2012

16. <http://www.cartercopters.com/ctd-t.html>, дата: 12-07-2012

17. Половинкин Б.А. Автожир пятого поколения//Авиация общего назначения: научно-технический журнал, Харьков, №6,2006, с. 36-38.

18. <http://giroplane.com.ua/ru/istor/> дата 16-07-2012 19. Ружицкий ЕИ. Зарубежные вертолеты – М.: ООО «Издательство АСГ», ООО «Издательство Астрель», 2002.-302 С.

20. Крылатая Польша 2'1979

### **3. Экспресс-оценка параметров конструкции автожира с прыжковым взлетом**

#### **3.1. Роль оценки параметров в процессе конструирования**

Прежде чем строить автожир с прыжковым взлетом надо представить его себе, оценить его параметры. В данной работе приведены простейшие математические формулы, основанные лишь на арифметических операциях, позволяющие быстро выбрать основные параметры автожира, чтобы при конструировании деталей и узлов представлять себе облик машины в целом. Выбор каждого из параметров, рассмотренных ниже, представлен с различных сторон и оставляет конструктору возможность варьировать выбранные значения

в зависимости от его интуитивных представлений о будущей машине, ее назначении и возможностях. Весь материал основан на анализе экспериментов и опыте эксплуатации ранее построенных автожиров.

Экспресс-оценка является предварительной, и позднее соотношение элементов конструкции должно быть проверено массовым, аэродинамическим, прочностным, кинематическим и центровочным расчетами.

Первоначально задается взлетная масса автожира. Для ранцевых она находится в пределах 96-155 кг, для одноместных сверхлегких 160-350 кг, для двухместных сверхлегких 360-500 кг.

### **3.2. Диаметр несущего винта**

Зная взлетную массу можно выбрать диаметр несущего винта. В [2, 88]:

Если при проектировании автожира имеются в виду его основные характерные качества, как то: крутой угол посадки и низкая минимальная скорость горизонтального полета без снижения, то выбор диаметра ротора нужно делать, задавшись такой нагрузкой  $w$  на единицу поверхности ометаемого диска ротора, при которой вертикальная скорость крутой посадки была бы безопасна. Величины нагрузки на ометаемую ротором поверхность порядка 8-10 кг/м<sup>2</sup> удовлетворяют этому условию (в существующих машинах нагрузка лежит в этих пределах).

У современных автожиров нагрузки на ометаемую поверхность находится в пределах, указанных в таблице 3.1 [3].

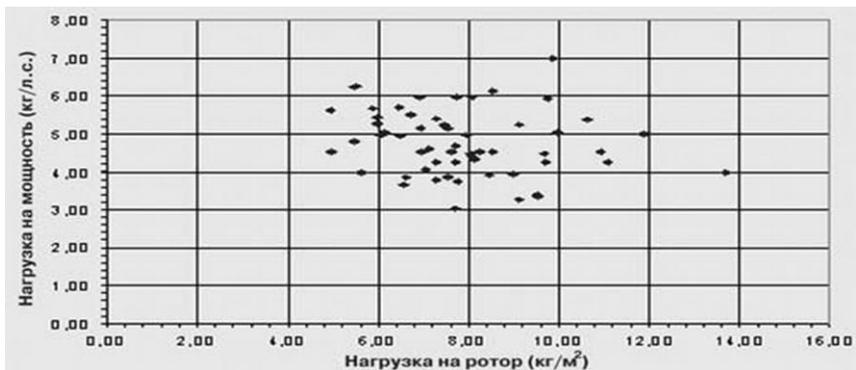


Рис. 3.1. Таблица 3.1

Выбрав нагрузку на ротор (более правильно: нагрузку на единицу поверхности ометаемого диска)  $w$  (кг/м<sup>2</sup>) и зная приблизительно взлетную массу автожира, определим диаметр ротора:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times G}{\pi \times w}}$$

В таблице 3.2 приведены данные по известным автожиром с прыжковым взлетом.

### Расчет диаметра ротора

Таблица 3.2

Модель автожира с прыжковым взлетом	G кг	w кг/м <sup>2</sup>	D м
Air&Space 18a	817	9.16	10.66
Авиан	907	9.08	11.28
Aisa GN	1400	12.38	12.00
Sara-3	735	8.49	10.50
AR-3	403	5.13	10.00
AC-35	635	7.40	10.45

В [1, 107] отмечено, что у комбинированных вертолетов несущий винт создает полную тягу только при взлете и посадке, а в полете он, в значительной степени, разгружается крылом. Поэтому у комбинированных вертолетов допускаются значительно большие нагрузки на ометаемую площадь (до 35–40 кг/м<sup>2</sup>), чем у обычных вертолетов.

В [14] рассмотрены особенности конструкции лопастей несущего винта автожиров с прыжковым взлетом. Лопасти с изменяемой геометрией и массой отмечены как недостаточно изученные, и поэтому перспективные для получения новых результатов.

### 3.3. Коэффициент заполнения и хорда лопасти несущего винта

Следующим важным показателем является хорда лопасти или коэффициент заполнения ( $k$ ). Он определяется по формуле

$$k = 2 \cdot h / (\pi \cdot R),$$

где  $h$  – хорда лопасти,

$R$  – радиус несущего винта.

Для определения хорды преобразуем предыдущее соотношение к виду

$$h = k \cdot R \cdot \pi / 2$$

В [2, 88] показано, что с увеличением  $k$  растет подъемная сила несущего винта, а с убыванием – максимальная скорость полета и немного возрастает качество несущего винта. В этом же источнике приведены средние данные значения  $k$  для различных моделей автожиров, колеблющиеся в пределах 0.05 – 0.1.

В [9, 59] приведено среднее значение коэффициента заполнения на одну вертолетную лопасть, наиболее часто встречающееся в конструкциях середины двадцатого века, оно равно 0,015 – 0,018. Указано также, что обороты и заполнение имеют обратную связь друг с другом и при росте одного показателя, другой должен уменьшаться. В

качестве причины такой зависимости названы явления срыва потока на больших оборотах.

Лучшими лопастями для обычных автожиров в США и Канаде считаются в наши дни лопасти Dragon Wings, длина которых колеблется от 8,8 до 12,0 метров при хорде 178 мм. Бенсен И. на свои легкие автожиры устанавливал даже лопасти с хордой 148 мм, однако они, создавая меньшую подъемную силу, требуют установки двигателя большей мощности [8, 51].

### **3.4. Масса лопастей несущего винта**

Масса лопасти выбирается не произвольно. Из энергетической модели прыжка [13] следует, что его высота напрямую зависит от соотношения массы ротора и полной взлетной массы. Нам не удалось найти рекомендаций по массе лопастей автожиров с прыжковым взлетом, не приводят ее и в числе характеристик построенных аппаратов. Цифры, приводимые Юрьевым Б. Н. для вертолетов, примерно соответствуют, по нашим данным, автожирам с прыжковым взлетом:

«Отметим еще, что вес всех лопастей на современных вертолетах равен всего лишь 5 – 7% от полетного веса машины. Втулка и механизмы головки весят от 3 до 5% от того же веса и общий вес всех несущих винтов у средних машин близок обычно к 8 – 12% от полетного веса вертолета» [12].

### **3.5. Втулка несущего винта**

Втулки несущего винта автожира с прыжковым взлетом описаны в [10]. На автожирах последних лет часто ставят втулку с полным автоматом перекоса. Доказано, что использование такой втулки уменьшает вибрации. Однако она требует использования деталей прецизионной точности, что делает ее очень дорогой. Кроме того, использование управления циклическим шагом по аналогии с вертолетом, вносит неустойчивость в звено управления по курсу. Более

перспективной представляется втулка, содержащая часть автомата-перекося с коромыслом под лопастями. Автожир с такой втулкой содержит мало деталей, прокладка трасс управления для такой конструкции наиболее проста. В полете автожир с такой втулкой требует лишь достаточно редких вмешательств пилота в процесс управления.

### 3.6. Мощность двигателя

Формула Вельнера-Жуковского связывает тягу  $T$  (кгс) несущего винта, с затрачиваемой на вращение мощностью  $N$  (л.с.) при известных диаметре винта  $D$  (м) и относительном коэффициенте полезного действия винта  $\eta$ .

Для стандартных атмосферных условий на уровне моря формула записывается в виде:

$$T = (33,25\eta ND)^{2/3}.$$

По определению коэффициент  $\eta$  равен отношению идеальной мощности, определяемой применением. Типичные значения  $\eta$  для несущих винтов составляют 0,7–0,75.

В горизонтальном полете  $G=T$ , тогда формула принимает вид

$$N = G^{3/2} / (25xD)$$

В таблице 3.3 приведено соотношение расчетной и фактической [7] мощностей мотора для ряда автожиров с прыжковым взлетом.

Вывод: учитывая практический опыт, следует удвоить расчетную мощность.

Сопоставление расчетной и фактической мощности двигателей

Таблица 3.3

Модель автожира с прыжковым взлетом	G, кг	D, м	$N_{расч}$ , л.с.	$N_{констр}$ , л.с.	$N_{расч}/N_{констр}$
Air&Space 18a	817	10.67	87.53	180	0.49

Авиан	907	11,28	96.88	200	0.48
Aisa GN	1400	12.00	174.58	300	0.58
Sara-3	735	10.50	75.88	180	0.42
AR-3	403	10.00	32.35	90	0.36
AC-35	635	10.45	61.25	115-150	0.53-0.41

### 3.7. Диаметр пропеллера

В [3] об особенностях «Доминатора», одного из лучших современных автожиров сказано, что автор конструкции:

С целью получения большей тяги на малых скоростях ... максимально увеличил диаметр пропеллера. Учитывая высоту автожира, можно предположить, что диаметр пропеллера может лежать в диапазоне от 0,8 до 2,2 метра. В таблице 3.4 приведены диаметры пропеллеров ряда автожиров с прыжковым взлетом.

#### Диаметр пропеллера

Таблица 3.4

Модель автожира с прыжковым взлетом	G, кг	Тип двигателя	P, л. С.	DP, м
Air&Space 18a	817	Лайкоминг 0-360-AID	180	1,98
Aisa GN	1400	Авко-Лайкоминг 10-540-K1A5	300	2,14
Sara-3	735	Лайкоминг 0-360-A	180	1,83
Вестермайер WE-04	340	Фольксваген, 2600 см <sup>3</sup>	70	1,38

### 3.8. Хвостовое оперение

Вопросы выбора площади хвостового оперения и его размещения рассмотрены в [2, 93], в пятом и, в меньшей степени, шестом параграфах четвертой главы.

В [2, 34–37] приведены данные статистики о размерах горизонтального и вертикального хвостового оперения. Согласно этим данным вертикальное оперение составляет 1–2 % от ометаемой площади ротора, а горизонтальное – 2 – 3 %.

В [3]: Малое вертикальное оперение на малом расстоянии от центра масс тоже не добавляет путевой устойчивости и управляемости. При работающем двигателе еще терпимо, киль активно обдувается струей воздуха от пропеллера. Но когда двигатель выключен, эффективность такого кия оставляет желать лучшего, а при наличии затенения от кабины вообще недостаточна.

Отметим также, что большие размеры оперения у автожиров полезны для парирования реактивного момента, возникающего при работе маршевого винта.

В [2, стр. 106]:

Расстояние хвоста от оси ротора почти у всех машин в среднем 30 – 33 % от диаметра ротора. Такое положение хвоста берется в целях получения лучшей управляемости на больших углах атаки автожира (в таком положении хвост подвергается в действительности наиболее эффективному воздействию потока воздуха, вызванного ротором).

Размеры оперения для нескольких автожиров с прыжковым взлетом, рассчитанные по рекомендациям Братухина И. П. приведены в таблице 3.5

## Размеры оперения

Таблица 3.5

Модель автожира с прыжковым взлетом	G, кг	D, м	Вертикальное, 2% от ометаемой площади, м <sup>2</sup>	Горизонтальное 3% от ометаемой площади, м <sup>2</sup>	Расстояние от оси до хвоста, 0.3D, м
Air&Space 18a	817	10.67	1,78	2,67	3,20
Авиан	907	11,28	2,00	3,00	3,38
Aisa GN	1400	12.00	2,26	3,39	3,60
Sara-3	735	10.50	1,73	2,60	3,15
AR-3	403	10.00	1,57	2,36	3,00
AC-35	635	10.45	1,72	2,58	3,14

Отметим, что у автожира Sara-3 площадь вертикального оперения составляет 1,89 (расчетное – 1,73), а горизонтального – 1,24 (расчетное 2,60). В [5] о хвостовом оперении Доминатора, который считается одним из лучших современных автожиров сказано, что автор конструкции: Установил горизонтальное оперение в обдуве пропеллера. И ...сделал очень большое цельноповоротное вертикальное оперение, которое оставалось эффективным при выключенном двигателе и малой поступательной скорости... Следствие – высокая безопасность.



Рис.3.2. Одноместный «Доминатор»

Известно довольно много автожиров без горизонтального оперения. Ранцевые вертолеты, например, Юла и Gen-h4, также могут не иметь горизонтального оперения. Однако эксплуатационный опыт показал[3], что если линия тяги маршевого винта проходит выше центра тяжести (такой особенностью обладали многие автожиры Бенсена), то при пикировании, сила тяги стремится перевернуть автожир. Событие такое может произойти за доли секунды и пилот не успевает отреагировать и принять правильное решение. В этом случае машина гибнет. Поэтому горизонтальное хвостовое оперение является необходимым. Другой защитой от силового переворота является далеко вынесенный киль, располагаемый ниже центра тяжести. Такое решение использует Carter Copter, аналогичным образом компоновал свои машины и Хуан де ла Сьерва.

В [2] рекомендована следующая методика для определения параметров хвостового оперения.

Диаметр ротора: DR

Площадь, ометаемая ротором: FR

Площадь руля высоты: FH = 0,033 • FR

Площадь руля направления: FS = 0,033 • FR

Плечо руля высоты:  $lH = 0,22 \cdot DR$

Плечо руля направления:  $lS = 0,22 \cdot DR$

Расчет размеров оперения для нескольких автожиров с прыжковым взлетом по данной методике приведен в таблице 3.6

### Размеры оперения

Таблица 3.6

Модель автожира с прыжковым взлетом	G, кг	D, м	Площадь рулей направления, и высоты 0,033 от ометаемой площади, м <sup>2</sup>	Плечо рулей высоты и направления 0.22D, м
Air&Space 18a	817	10.67	2,94	2,35
Авиан	907	11,28	3,30	2,48
Aisa GN	1400	12.00	3,73	2,64
Sara-3	735	10.50	2,86	2,31
AR-3	403	10.00	2,59	2,20
AC-35	635	10.45	2,83	2,30

Отметим еще, что для повышения путевой устойчивости на тяжелых машинах устанавливают несколько килей, по образцу вертолетов фирмы Камова. Такую конструкцию можно наблюдать на Hawk-4, Lfino и некоторых других [7]. Она увеличивает диаметр разворота и, следовательно, ухудшает маневренность машины.

### 3.9. Шасси

Почти все ЛА имеют трехопорное или ползковое шасси.

Для посадок на неподготовленные площадки каждая стойка должна выдерживать ударную нагрузку до 3 – 6 G.

При раскрутке и остановке ротора иногда происходят перевороты автожиров. В реальных аппаратах для достижения большей устойчивости стараются сделать колею более широкой. По имеющимся данным определим отношение (К) ширины колеи к диаметру ротора.

$$K=L/D,$$

где

L – ширина колеи,

D – диаметр НВ.

На основании данных из таблицы 3.7 определим ширину колеи как 0,21 – 0,22 от диаметра ротора.

### Определение ширины колеи

Таблица 3.7

Модель автожира	D	L	K
АМ-1	8.53	1.67	0.20
Ворон 01	9.15	1.9	0.21
А-002	9,68	2,4	0,25
Спринтер	8.7	1.8	0.21
Авиан	11,28	2,44	0,22
Aisa GN	12.00	2,67	0,22
Sara-3	10.50	2,15	0,20
Викта	8,23	3,05	0,37

### 3.10. Компоновка

Важным моментом проектирования автожира с прыжковым взлетом является переход от выбора отдельных параметров к этапу, позволяющему представить общий облик аппарата, называемому компоновкой. Ниже приведен рисунок [11], на первый взгляд, мало отличающийся от широко распространенной компоновки с

толкающим винтом. Однако присутствие целого ряда кинематических пар, позволяющих разобрать и весьма плотно упаковать аппарат, делает задачу создания такого аппарата весьма непростой, но очень интересной. Во втором пункте патентной формулы авторы предлагают даже контейнер для транспортировки и хранения в разобранном виде укладывать за кресло пилота и брать в полет.

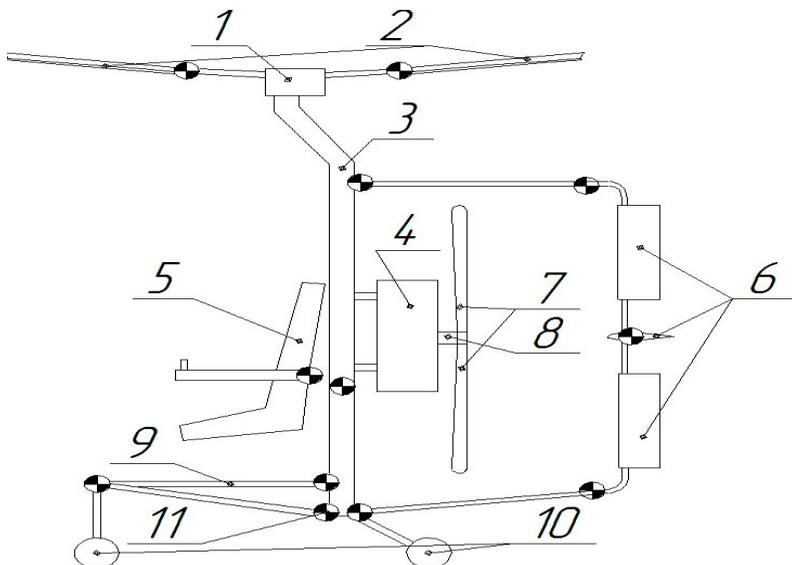


Рис.3.3. Прыгающий складной автожир

1-штулка несущего винта, 2-лопасти, 3-пилон, 4-мотор,5-кресло пилота, 6-хвостовое оперение, 7-маршевый винт, 8-редуктор, 9-подножки, 10-шасси, 11-кинематические пары, позволяющие быстро разобрать аппарат.

### 3.11. Центровка

Если Ц.Т. расположен выше вектора тяги от маршевого пропеллера, как показано на Рис.5, то момент, возникающий от двигателя – это кабрирующий момент и, чтобы уравновесить автожир, его ротор должен создавать пикирующий момент. Для

этого Ц.Т. должен быть впереди вектора тяги ротора (подъёмной силы ротора). Такой автожир устойчив по углу атаки.

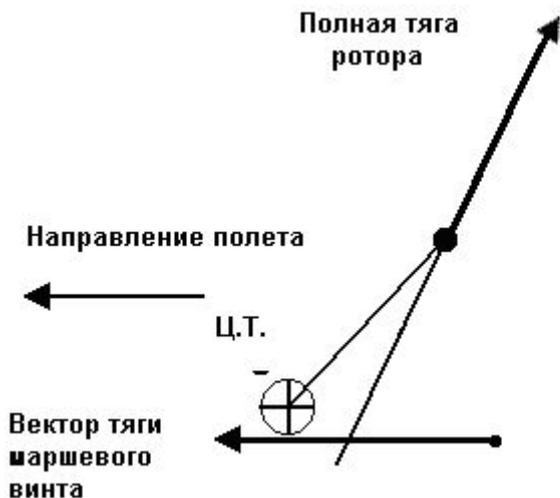


Рис.3.4. Центровка

Такая конфигурация получила название «высокопрофильной» или «с центральным вектором тяги». Вектор тяги маршевого винта здесь проходит близко от ЦТ и чуть ниже его.

Летные характеристики таких АЖ отличаются от традиционных «низкопрофильных» машин.

Высокопрофильный автожир менее опасен в случае отказа двигателя и лётные испытания подтвердили это. На высокопрофильном автожире исчезновение кабрирующего момента от двигателя вызовет естественный перевод машины на снижение. Вы только должны удерживать ручку управления мягко.

Горизонтальный стабилизатор с отрицательным первоначальным углом атаки [должен быть установлен] так, чтобы кабрирующий момент от стабилизатора увеличивался при увеличении воздушной скорости. Стабилизатор будет компенсировать пикирующий момент от сопротивления фюзеляжа и это улучшит устойчивость.

Высокопрофильные АЖ с правильным стабилизатором являются лучшим решением. Они наименее подвержены РЮ и вообще не подвержены РРО [5].

### **3.12. Воплощение полученных оценок в технических требованиях**

Пройдя по приведенным выше этапам можно разработать технические требования к создаваемой машине, которые в дальнейшем детализируются в чертежах и подтверждаются различными видами расчетов.

### **3.13. Источники**

1. Ружицкий Е. И. Безаэродромная авиация. М. Оборонгиз, 1959, 172 с., ил.

2. Братухин И. П. Автожиры. Теория и расчет. М.-Л. Госмашметиздат, 1934, 111 с., ил.

3. Сутормин Е. Некоторые мысли по поводу автожиров. По сайту <http://www.aviajournal.interami.com/sections/journal/arh/magazine/20021/st3.shtml>

4. Bauvorschriften für Ultraleichte Tragschrauber – BUT (Публикация строительных правил для сверхлегких (одномоторных) автожиров от 26 сентября 2001 г.)

5. Фуркадо Ж. (Jean Fourcade) Продольная устойчивость автожиров <http://twistairclub.narod.ru/spawk/stability.htm> скачано 08-01-2013

6. Козярчук Л.Л. Автожиры и вертолеты 1944-2002. Каталог конструкций (2-е изд.)-Луцк: Вежа-Друк, 2013-450с.

7. Солодников И., Ваньков А., Козярчук Л. Автожиры с прыжковым взлетом Авиация общего назначения 2013'1 стр. 31.

8. Сатаров А. Аэродинамический расчет автожира 1970. По сайту <http://twistairclub.narod.ru/>

9. Братухин И. П. Проектирование и конструирование вертолетов М. Оборонгиз 1955, 362 с., ил.

10. Статья Втулки несущего винта автожира Солодников И., Гимазов В., Хомутов Г. Авиация общего назначения 2012 № 9, 10, 11

11. Патент на полезную модель прыгающего складного автожира. RU 69837 U1 от 08.08.2007 (изобретатели: Солодников И., Селезнев Ю., Дробинин А., Хитрин А., Солодников А.)

12. Юрьев Б. Н. Аэродинамический расчет вертолета. М.-Оборонгиз, 1956, 560с., стр. 122

13. Статья О возможности прыжкового взлета автожира Краснянская О., Молчанов В., Репях Н., Вестник ПГУ 2011'1.

## **4. Тяжелые легкие лопасти**

### **4.1. Противоречивые требования к лопастям**

В 1935 Хуан де ла Сьерва представил конструкцию автожира с прыжковым взлетом общественности на заседании в Королевском авиационном обществе в Лондоне [1]. Взлет с маленькой площадки и вертикальная посадка обещали автожирам с прыжковым взлетом большое будущее. За долгие годы было построено много различных моделей. Например, Air & Space 18A (конструктор Г. Девор, США, 1965) автожир с прыжковым взлётom получил в США сертификат типа и лётной годности, выпущено 68 экземпляров данного летательного аппарата. Летают автожиры с прыжковым взлетом и сейчас, например, Hawk-4 (конструкторы Д. Гроен и Дж. Гроен, США, 2000 г.), Gythino (контруктор Д. Дегро, США. 2002 г.) и другие. Однако оставшиеся нерешенными некоторые технические проблемы до сих пор мешают распространению автожиров с прыжковым взлетом.

Ранее нами были рассмотрены перспективы использования автожиров с прыжковым взлетом как транспорта [2] и, подобно тому, как молодежь с большим интересом осваивает мопеды,

легкие мотоциклы, снегоходы, квадроциклы, можно ожидать значительного спроса на маленькие недорогие автожиры с прыжковым взлетом, тем более, что по некоторым оценкам при серийности как у снегоходов, их цены будут близки.

Втулки несущего винта автожира анализировались нами в статье с аналогичным названием [3].

Общая панорама автожиров, способных взлетать с вертолетной площадки, была представлена нами в работе Автожиры с прыжковым взлетом [4].

Автожиры 30-х годов двадцатого века, оснащенные автодинамической втулкой, с продолжительностью прыжка до 1,5 секунд, были признаны недостаточно безопасными, требовалась конструкция с более высоким и более продолжительным прыжком. Из энергетических моделей [5] следует, что больше кинетической энергии может запасти ротор с более тяжелыми и длинными лопастями, автожир с таким ротором будет прыгать более высоко. В то же время, для вращения тяжелых лопастей в полете нужен более сильный встречный воздушный поток, такой автожир не сможет летать на малых скоростях. Кроме того, длинные лопасти снижают устойчивость автожира в полете.

Другим направлением стало подкручивание лопастей ротора в полете. Однако при увеличении взлетной массы от 250 до 500 килограммов у автожиров такой конструкции возникли существенные проблемы с путевой устойчивостью.

Третьим направлением стали автожиры с установленными на концах лопастей двигателями или реактивными соплами, через которые выдувался сжатый воздух от компрессора, размещенного в фюзеляже автожира. Такие автожиры, как и вертолеты неустойчивы при взлете, требуют большого расхода топлива при взлете, имеют сложную конструкцию втулки несущего винта. Тем не менее, многим конструкторам этот путь казался привлекательным и в [4, 8] описано довольно много таких автожиров.

Наиболее малоизученным и, возможно, наиболее перспективным направлением развития автожиров с прыжковым

взлетом представляется использование лопастей с изменяемой в полете массой и геометрией. Такие лопасти использовались на микровертолетах, описаны в патентах и статьях.

Почему же автожиры с прыжковым взлетом, даже многократно протестированные и подготовленные для серийного производства, за столько десятилетий никак не могут дойти до покупателей?

Они известны 80 лет. Ими занимались три признанных гения мировой авиации: Сьерва, Камов и Бенсен. Множество людей более или менее талантливых строили такие аппараты и пытались запустить их в серийное производство. Было построено в разных странах несколько десятков образцов, многие из них имели хорошие характеристики, некоторые, такие как «Авиан или Air&Срасе - 18а, были сертифицированы и полностью подготовлены к серийному производству.

Пожалуй, это единственный тип летательных аппаратов, с которыми этого не случилось. Удалось построить 8 (всего 8!) С-40. А это был последний автожир Сьервы, в котором было собрано все лучшее, что он сумел воплотить. Было выпущено 68 Air&Срасе 18а, хотя когда останавливали производство, аппаратов ждали тысячи заказчиков.

За эти 80 лет обычные автожиры не раз выпускали серийно и тысячи их летают по всему миру. А прыжковые – породили вертолеты и, как бы заснули на сто лет. Их конструкция не намного сложнее, чем у обычных автожиров, аэродинамика тоже не сильно отличается. Но обычные делают в серии, а эти никак. В некоторых случаях виноваты экономика, политика. Но ведь все другие ЛА делали в то же время, при той же экономике, в тех же политических условиях.

Что за тайна витает над автожирами с прыжковым взлетом ?

#### **4.2. Решение Д. Картера**

Для лучшей управляемости в лопасти с носка зашиваются грузы из стали, свинца или иного тяжелого материала. Обычно их зашивают с равномерным шагом. Получить высокий прыжок

можно только с длинными и тяжелыми лопастями, но в полете более устойчива машина с короткими и легкими.

Это противоречие Картер решил следующим образом: он удлинил лопасти и зашил грузы в торец лопасти.

Диаметр ротора Д. Картер довел до 7,92 метра. Следующий, относительно доступный металл с большей плотностью, чем у свинца – уран-238. Грузы на концах лопастей по 2,4 кг. Получить высокий и практически вертикальный прыжок он сумел, но на наш запрос о цене изделия, вынужден был уклониться от ответа.

Прыжки выполнялись при встречном ветре 6 метров в секунду.



Рис. 4.1. один из экспериментальных образцов CGD/T

Во время летных испытаний CGD/T компании выполнил несколько вертикальных взлетов на высоту более 50 метров вертикально вверх. Выполнялся также прерванный взлет с минимальными оборотами, чтобы доказать, что в роторе запасено достаточно энергии для безопасного возвращения на землю.

Затем был произведен почти вертикальный заход на посадку, и посадка была прервана всего в 30 см. от земли. Маневр оказался успешным. Затем обороты ротора были доведены до 490. Именно после этого угол подъема на высоту 50 метров стал практически вертикальным. Если во время вертикального взлета автожир двигался вперед, он набирал высоту более 100 метров, прежде чем обороты ротора уменьшались до крейсерских.

Блестящая демонстрация возможностей автожира с прыжковым взлетом доказала, что такие летательные аппараты имеют огромные перспективы.

### 4.3. Вариант Д. Дегро



Рис.4.2. Автожир L'fino

Дик Дегро впервые применил подкрутку лопастей в полете на своем автожире Gythino. Она оказалась весьма интересным техническим решением, позволяющим при заданной мощности силовой установки существенно увеличить аэродинамическое качество, приводящее к сокращению потери мощности на вращение ротора за

счет авторотации, скорость крейсерского полета и экономичность аппарата. Несколько лет испытательных полетов под управлением Кэрл Дегро доказали работоспособность идеи. Был построен Rhino-2, который тоже летал вполне успешно.

На фестивале автожиров Bensen Days (Флорида, 2005) демонстрировался Lfino, строившийся два года создателем автожиров Доминатор Эрнни Бойеттом и Диком Дегро

Это двухместный аппарат с трехлопастным свободнонесущим ротором, с прыжковым взлетом и подкруткой ротора в полете [7].

Втулка несущего винта Lfino содержала узлы управления общим и циклическим шагом. Автомат перекоса находился под лопастями. В полете вал ротора соединялся с двигателем и забирал у него 5 – 15 процентов мощности.

На аппарате установили лопасти Dragon Wings. . Они имеют небольшую хорду и равномерное распределение массы по длине. Для достижения безопасной высоты прыжка конструкторам пришлось утяжелить лопасти. Низкое аэродинамическое качество решили компенсировать подкруткой ротора в полете. Взлетная масса аппарата большая и компенсация вращения корпуса за счет увеличения площади вертикального оперения оказалась недостаточной. Наличие во втулке несущего винта управления циклическим шагом привела к дополнительным проблемам с курсовым управлением. Из стадии испытаний автожир не вышел.

#### 4.4. История автожира «Авиан»



Рис.4.3. Автожир Авиан

Стремясь создать простой, дешевый и эффективный вид авиатранспорта, группа канадских инженеров сконструировала и построила автожир вертикального взлета и посадки (ВВП). Они организовали фирму «Эвиан Индастриз Лтд» в Джорджтауне, Онтарио и построили прототип автожира «Авиан». Это был двухместный тандем с каркасом из продольной балки и пилона ротора, на котором находились сиденья, управление, шасси, и смонтированный сзади 4-цилиндровый «Лайкоминг» в 180 л. С. Тягу для авторотирующего полета со скоростью до 240 км/час создавал толкающий пропеллер в кольце, в центре которого – небольшой руль. Дополнительную энергию для ВВП и подъема на высоту до 60 м давали реактивные двигатели (РД) на концах лопастей, снабжаемые сжатым воздухом из баллона, пополняемого компрессором от мотора. 3-лопастной ротор управлялся сервопластинами на задних кромках у законцовок лопастей, хотя не исключалось и управление циклическим и общим шагом

вертолетного типа. Посадка без мотора и РД была возможна на 32-40 км/час, касание – при 24 км/час. Было объявлено, что автожир может пилотироваться и неопытным пилотом-самолетчиком, а стоимость эксплуатации его будет не дороже малины. В продаже он ожидался в апреле 1960 г. Фирма предполагала продажу до 5000 штук в год и планировала начальный темп выпуска 20 шт. в месяц для удовлетворения заявок хотя бы в Онтарио.

Первый прототип поднялся в воздух 30 сентября 1959 г, Уже после того, как он прошел рулежные испытания и полеты на привязи, доработка конструкции продолжалась, особенно ременного привода от мотора к ротору.

По высказываемому в то время мнению фирмы, «Авиан» был сделан важный шаг к появлению дешевого и эффективного ЛА, хотя использование кинетической энергии разгона ротора на земле для прыжкового взлета могло быть небезопасно для неопытных пилотов. В случае посадки особенно, кинетическая энергия ротора была недостаточна для плавного приземления, Для преодоления риска с запасанием энергии при посадке, предусматривалась система подачи сжатого воздуха, которую пилот мог задействовать в течение 5 сек. Это позволяло также выполнять прыжковый взлет с набором 60 м высоты.

Вертолет классической схемы динамически неустойчив при малых скоростях, довольно сложен в управлении, а «Авиан» имел управление ротором с помощью сервопластин, обеспечивающих динамическую устойчивость, особенно при висении. Карданная подвеска со смещенной осью и сервопластины давали большие начальные угловые ускорения и демпфировали управление по шагу и крену. Максимальная скорость их изменения при малых скоростях составляла не более 10°/сек. Это решение, принятое с учетом эргономики, позволяло использовать ручку не только как средство управления, но и для контроля за разгонными характеристиками. По рысканию Авиан 2/180 удовлетворял требованиям к вертолетам на висении и самолетам в горизонтальном полете.

Лопасты не имели вертикальных шарниров, хотя были довольно тяжелы и обладали исключительно высокой жесткостью. Они изготовливались из стали со стеклопластиковой обшивкой, носок – из

твердого дерева, в задней части была использована бальза. Использование стали и то, что угол атаки лопасти полностью задавался углом пластины, приводило к ненужности трассировки лопастей в эксплуатации, хотя контроль за управлением пластин и требовался. Пластины давали небольшие усилия на ручке. Элементы ротора и фюзеляжа также изготавливались из стали, в них был заложен 3-х кратный ресурсный запас. По требованиям жесткости упрочняющие ленты в лопастях состояли из 25 слоев

Повреждения обтекателя или пола кабины не были опасны, т.к. были навесными элементами. После аварийной посадки потребовалась бы лишь замена рессор шасси. При 75% мощности мотора крейсерская скорость "Авиана" составляла 240 км/час, благодаря его чистым аэродинамическим формам, небольшим размерам, а также использованию кольца пропеллера. Оно заменяло и киль, и оперение, а установка руля в струе делала его еще эффективнее. ВФШ можно было использовать без снижения его характеристик, его шум был ниже, а безопасность выше. Наиболее опасным моментом полета был отказ мотора в первые секунды после старта, хотя наличие воздушного баллона позволяло машине сесть нормально с высоты до 30 м. Поэтому «Авиан» 2/180, хотя и имел один мотор, считался весьма безопасным при отказах мотора и в обычном полете, т.к. баллон успевал наполниться от работающего компрессора. Характеристики «Авиана» приведены в таблице 4.1.

#### Летно-технические характеристики

Таблица 4.1

Диаметр ротора	7,93 м
Мотор	Лайкоминг 0-
Общая длина	4,45 м
Высота	2,41 м
Ширина кабины	89 см
Вес пустого	454 кг
Взлетный вес	726 кг
Запас топлива	117 Л
Максим. крейсерская скорость	241 км/час
Минимальная скорость	0 км/час

Максимальная скороподъемность	7,6 м/сек
Нормальная дальность	725 км.

Были построены два прототипа. Первый из них начал свою испытательную программу весной 1960 г. Второй совершил свой первый полет 16 февраля 1961 г. Первый из трех прототипов, которые были созданы для экспериментов, начал свои испытания в январе 1962 г. Эта программа длилась 300 часов и была закончена к концу 1963 г.

По итогам испытаний реактивный привод взлета было решено заменить механической раскруткой ротора, сохранив, по возможности, другие элементы конструкции.

Ниже описан сертифицированный вариант автожира Авиан. Он был закончен в октябре 1965 г. и совершил свой первый полет в начале ноября 1965 г. Авиан 2/180 "Джайроплэйн" 2/180 получил от канадского транспортного департамента полный сертификат в 1968 году. После этого начались переговоры о серийном производстве автожира.

Тип: 2-х местный бескрылый автожир.

Роторная система включала 3-х лопастный ротор с ГШ без вертикальных шарниров. Система управления была стандартной. Лопасти состояли из штампованного дюралевого лонжерона и металлической обшивки. Профиль лопасти НАСА 00135, хорда - 24,1 см. На ней был установлен стандартный тормоз.

Привод ротора был выполнен от двигателя при помощи регулируемых ремней, муфты, редуктора с гипоидными шестернями и зубчатого ремня, накинутаго на втулку ротора для обеспечения возможности вертикального старта. Редукция от двигателя к ротору 1 : 5,5. Обороты ротора на авторотации в полете с максимальной скоростью у земли составляли 263 об/мин.

Несущая конструкция фюзеляжа была сделана из легких сплавов, моторама из стальных труб, обшивка из легких сплавов со стеклопластиковыми панелями. Хвостовое оперение состояло из руля поворота, выполненного из легких сплавов, помещенного в стеклопластиковое кольцо.

Шасси было трехколесное, неубирающегося типа с амортизаторами "Авиан". Дюралево-стальные рессоры несли на себе колеса фирмы "Гудьир" с нейлоновыми ступицами размером 5 x 5,00 дюймов. Давление воздуха в колесах составляло 2,39 кг/м<sup>2</sup>. На колеса были установлены дисковые гидравлические тормоза «Гудьир» диаметром 13 см. Радиус разворота машины составлял 6,1 м.

Силовая установка состояла из двигателя "Лайкоминг" 10-360 в 200 л.с., 4-х цилиндрового оппозитного типа с воздушным охлаждением, вращающего 2-х лопастной воздушный винт "Харцелл" с постоянной частотой вращения. Винт был помещен в кольцо и обеспечивал хорошее охлаждение двигателя. Легкий алюминиевый бак объемом - 138,5 л устанавливался за сиденьем. Емкость маслобака составляла - 7,6 л.

Оборудование состояло из двухместной отапливаемой кабины с сиденьями расположенными тандемом с двойным управлением. Все системы были разработаны фирмой Авиан.

Приборное оснащение не включало оборудование для ночного полета, возможна была только установка радио

Характеристики нового «Авиана» приведены в таблице 4.2 [8].

#### Летно-технические характеристики

Таблица 4.2

Параметр	Значение
Диаметр ротора	11,28 м,
Общая длина	4,88 м
Общая высота	2,24 м,
Колея	2,44 м,
База	2,41 м,
Площадь диска ротора	99,87 м <sup>2</sup> ,
Площадь одной лопасти	1,36 м <sup>2</sup> ,

Площадь руля направления	1,15 м <sup>2</sup> ,
Вес пустого, оборудованного	635 кг,
Максимальный взл. Вес	907 кг,
Удельная нагр, на диск ротора	9,08 кг/м <sup>2</sup> ,
Удельная нагр. на мощность	4,54 кг/м <sup>2</sup> ,
Максимальная скорость	193 крл/чэс,
Нормальная крейсерская	160+177 км/ча.с,
Минимальная скорость	48 км/час,
Скороподъемность у земли	4,4 м/сек,
Практический потолок	4275 м,
Взлетная дистанция до В=15 м	91 м,
Пробег	0 м /вертикальное .снижение/
Дальность с норм, загрузкой	640 км

Когда закончились деньги, выделенные правительством, оказалось, что стоимость и эксплуатационные расходы аппарата существенно превысили ожидаемые цифры. Дополнительные исследования по удешевлению промышленного производства, проводить было не на что. Проект сначала завис, а позднее вместо автожира решено было использовать небольшой вертолет. Серийное производство «Авиана» развернуто не было.

## 4.5. Автожиры с изменяемой геометрией лопастей несущего винта

### 4.5.1. Общие положения

Нам удалось найти несколько вертолетов, которые летают в режиме автожира, причем такой режим является для них штатным. Эти «гибридные» ЛА имели раздвижные лопасти. Кроме того, мы нашли несколько авторских свидетельств и патентов, в которых описаны лопасти, геометрия которых и центр масс изменяются во время полета ЛА. Такие конструкции лопастей автожиров кажутся нам исследованными недостаточно, и может быть предложен еще ряд перспективных вариантов, требующих проверки. Однако напомним, что 90 процентов лобового сопротивления автожиров дают лопасти несущего винта, поэтому лопасти с изменяемой в полете геометрией могут существенно ухудшать аэродинамическое качество.

### 4.5.2. Kaman KSA-100

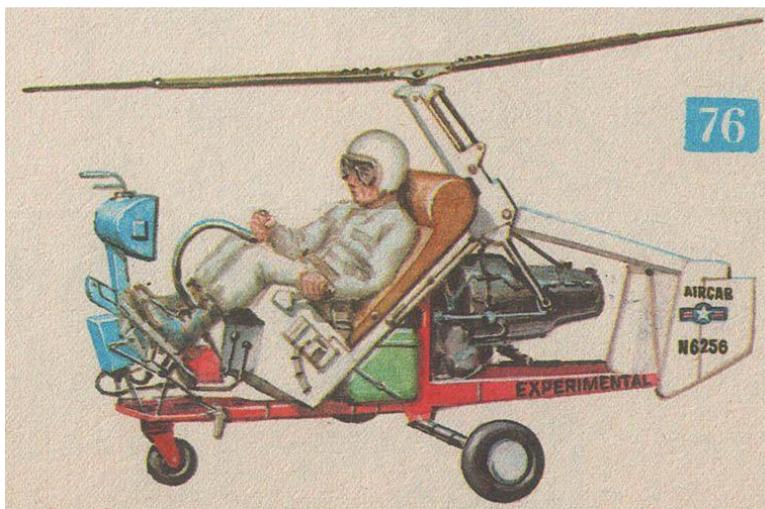


Рис. 4.4 вертолет-автожир КСА-100

Работы над такими системами особенно широко развернулись в период агрессии США во Вьетнаме. Понеся большие потери в личном составе, командование Военно-воздушных сил США заказало фирме Капан небольшой складной вертолет [9].

Испытания первого аппарата KSA-100 начались в 1974 году. В сложенном виде "вертопарашют" крепился к катапультируемому сиденью. Для катапультирования, пилот вместе с креслом выстреливался из кабины. После погашения скорости выдвигались телескопические лопасти несущего винта, и кресло превращалось сначала в автожир, а через две секунды, когда включался маршевый двигатель, в микровертолет. Он автоматически летел на радиомаяк.

Силовая установка: 1 х ТРД WRC-19 тягой 195кг, диаметр несущего винта с выдвигаемыми лопастями: 1.22/4.27м, вес пустого: 210кг, максимальная скорость: 185км/ч

Благодаря компактности подобных летательных аппаратов открылась возможность создать принципиально новое средство спасения летчиков, способное успешно конкурировать с традиционным парашютом.

### 4.5.3. Вертолет Юла

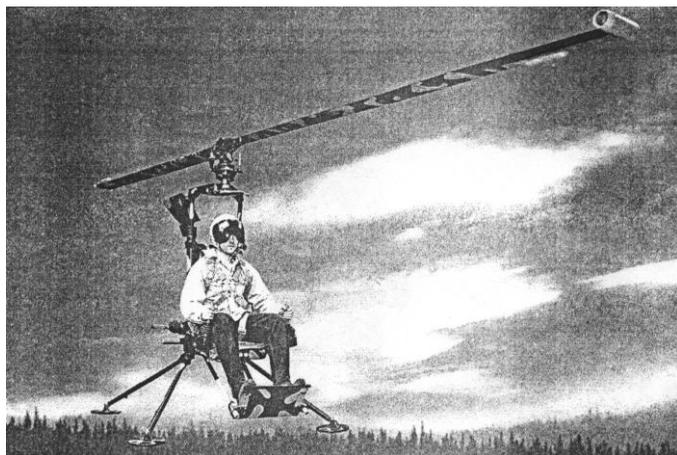


Рис. 4.5. Вертолет «Юла»

Ранцевый вертолет "Юла" был впервые представлен ПО "Полёт" на выставке ВТТВ-98, проходившей в г. Омске Несущему винту вращение придавалось при помощи реактивной тяги малоразмерных двигателей, установленных на концах лопастей. При разгоне телескопические лопасти несущего винта раздвигались от 3 до 6 метров. Управление аппаратом перекоса и двигателями происходило при помощи двух тензоджойстиков. Аппарат размещался на спине пилота на ременно-подвесной системе. Вес аппарата без учета топлива составлял 25 кг. При полной заправке (20 л. топлива ТС-1) аппарат обеспечивал продолжительность полёта до 20 минут со скоростью до 150 км/ч и высотой до 1000 м. В ранцевом вертолёте "Юла", по заявлению конструктора В. Котельникова (НТЦ "Бета" при ПО "Полёт") была учтена возможность использования режима авторотационного планирования как штатного [10].

#### **4.5.4. Патентные предложения**

4.5.4.1. Известны телескопически раздвигаемые лопасти летательных аппаратов [11, 12].

4.5.4.2. С целью уменьшения вертикальной скорости снижения при авторотации путем увеличения ометаемой ротором площади, каждая лопасть снабжена закрепленным на ее конце тросиком с грузом, убираемым при нормальном полете внутрь лопасти [13].

4.5.4.3. Контейнеры с водой, установленные на концах лопастей на начальном этапе прыжка утяжеляют концы лопастей. На финальном этапе прыжка открываются сопла на контейнерах и, под действием центробежных сил вода выливается, увеличивая обороты несущего винта и высоту прыжка. В полете масса лопастей меньше, чем во время прыжка, на массу слитой воды.

#### 4.6. Приемы получения лопастей с нужными свойствами

Выполняя высокие и красивые прыжки, CGD/T великолепно демонстрировал ранее скрытые возможности автожиров с прыжковым взлетом. Однако при попытке построить на его основе четырех, шести местный аппарат, конструктор столкнулся с серьезными проблемами, которые не удалось разрешить. Причина – нужны новые решения в конструкции лопастей.

Интересны автожиры с подкруткой лопастей несущего винта, позволяющей достичь более высокого прыжка и в полете приблизить свойства автожира к возможностям вертолета. Однако при увеличении массы аппарата появилась путевая неустойчивость, которую не удалось преодолеть.

У автожиров с реактивным приводом взлета, несущий винт приводится во вращение силой реакции газов, вытекающих из установленных на концах лопастей небольших реактивных двигателей. Благодаря этому крутящий момент создается непосредственно на несущем винте, и на фюзеляж не передается. При установке реактивных двигателей на концах лопастей могут быть использованы прямоточные или пульсирующие воздушно-реактивные, ракетные или турбореактивные двигатели. Все рассмотренные виды реактивного привода взлета обладают недостатками, важнейшими из которых являются большой расход топлива и сложность создания и доводки реактивного двигателя, удовлетворительно работающего в поле больших центробежных сил. Прежде всего, реактивный привод ухудшает аэродинамические характеристики несущего винта, увеличивая его сопротивление, и, кроме того, дополнительно нагружает лопасти несущего винта. Значительные центробежные силы, возникающие при вращении несущего винта и воздействующие на реактивный двигатель, делают чрезвычайно сложной задачу его надежной работы. Наконец, необходимо устранить влияние гироскопического эффекта вращающихся масс, вызывающего закручивание лопасти [14].

На данном этапе автожиры с изменяемой в полете геометрией и массой лопастей исследованы недостаточно. Возможно, именно здесь

спрятан успех автожиров с прыжковым взлетом, которые уже много десятилетий не могут прийти до серийного производства.

Чтобы построить автожир с прыжковым взлетом, который будет достаточно высоко прыгать и хорошо летать, можно применить один из следующих технических приемов или их комбинацию:

- подвесить грузы на концах лопастей;
- подкручивать лопасти в полете;
- применять различные двигатели на концах лопастей;
- использовать лопасти с изменяемой геометрией,
- установить лопасти с изменяемой массой.

В итоге на время прыжка можно получить тяжелые и длинные лопасти, а для полета и посадки короткие и легкие.

#### 4.7. Источники

1. Катышев Г. И. Создатель автожира Хуан де ла Сьерва (1895-1936).-М.: Наука , 1986.- 160 с., ил.

2. Автожиры как вид транспорта Солодников И., Торошин А., Карлов А. Авиация общего назначения 2010'7 стр.32 -37.

3. Втулки несущего винта автожира Солодников И., Гимазов В., Хомутов Г. Авиация общего назначения 2012'9 стр.50-53, 2012'10 стр. 46-51 , 2012'11 стр. 45-54.

4. Автожиры с прыжковым взлетом Солодников И., Ваньков А., Козярчук Л. Авиация общего назначения 2013'01 стр. 31-36.

5. О возможности прыжкового взлета автожира Краснянская О., Молчанов В., Репях Н. Вестник ПГУ Математика, механика, Информатика 1'2011 стр.

6. CarterГуго взлетает вертикально. Источник: КРЫЛЬЯ (сайт [http://www.wing.com.ua/index.php?option=com\\_rd\\_rss&id=1](http://www.wing.com.ua/index.php?option=com_rd_rss&id=1), дата:12.01.07 )

7. L.F.I.N.O. (сайт <http://www.rotorflightdynamicsinc.com/Ifino.html> дата 28-06-2012)

8. Козярчук Л. Л. Зарубежные автожиры и вертолеты 1934-1988. Сборник статей - Луцк. Вежа-Друк. 2013. 460 с.

9. Цикл статей из журнала "Техника-молодежи" за 1982-1984. Под редакцией докторов технических наук, профессоров И. Братухина, Ф. Курочкина и заслуженного летчика-испытателя СССР В. Колошенко. Авторы статей инженер И. Андреев и военный летчик 1-го класса Л. Вяткин. Статья Малолитражки Сайт <http://www.aviastar.org/tm/index.html> дата 10-08-2012

10. Статья Ренец-вертолет Источник: Википедия (сайт <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%86-%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%BB%D1%91%D1%82> дата 04-08-2012)

11. Телескопическая раздвижная лопасть винта (а. с. СССР №)229970 от 23-10-1968, изобретатель Блинов Б. С.)

12. Несущий винт летательного аппарата (патент RU №94020656 А1 от 02-06-1994, изобретатели Дикалов С. А., Жданов С. В. )

13. А. с. СССР №71306 от 31-12-1949

14. Ружицкий Е. И. Безаэродромная авиация М Оборонгиз 1959 - 172с., ил.

## **5. Миф о втулках несущего винта автожира**

### **5.1. Роль втулки несущего винта**

Несколько десятилетий автожиры развивались исключительно в ранге любительских аппаратов. Однако, как индивидуальные ЛА они обладают большими возможностями, и к началу третьего тысячелетия стало ясно, что в нашей стране автожиры были забыты напрасно. Автожиры прочно входят в триаду наиболее эффективных летательных аппаратов (При этом эффективность мы понимаем не в смысле руб/кг/км, а как сказано далее), которые способны далеко унести пассажиров вне зависимости от направления ветра. Использование современных материалов и технологий позволяет изготавливать их дешево, быстро и применять как индивидуальный транспорт.

В первом десятилетии двадцать первого века было распространено мнение, что для получения автожира с прыжковым взлетом достаточно придумать втулку, позволяющую выполнить прыжок достаточной высоты. К сожалению, это оказалось мифом. Очевидно, что для взлета автожира с места можно установить на него вертолетную втулку с автоматом перекоса.

Ниже рассмотрены различные типы втулок несущего винта автожира, их особенности, достоинства и недостатки. Конструктивно можно выделить следующие типы втулок НВ автожиров:

- 1) с фиксированным шагом;
- 2) автодинамическая;
- 3) звездочка;
- 4) с автоматом перекоса Юрьева;
- 5) с половинкой автомата перекоса и тарелкой под лопастями;
- 6) с половинкой автомата перекоса и коромыслом над лопастями.

Рассматривая втулки несущих винтов, необходимо сказать и об автожирах, на которых эти втулки были установлены:

- 1) В-7М, В-8М (конструктор И. Бенсен, США, 1964);
- 2) W-3 (конструктор Вейр, Германия, 1937);
- 3) AR-III (конструктор Хафнер, Австрия, 1938), CGD/T (конструктор Д. Картер, США, 2005);
- 4) P-14М (конструктор В. Хрибков, Россия, 1999), МАИ-205 (конструктор В. Лапшин, Россия, 1997);
- 5) Lfino (конструкторы Эрни Бойетт и Дик Дегро, США, 2005);
- 6) Поло (конструктор Б. Половинкин, Россия, 2006).

Работы по некоторым проектам были остановлены в начале летных испытаний. Однако за исключением втулок с фиксированным шагом, все рассмотренные в работе автожиры могли выполнить прыжковый взлет, точнее втулка несущего винта им это позволяла.

## 5.2. Втулка с фиксированным шагом

### 5.2.1. Автожиры И. Бенсена В-7М и В-8М

Первый полет безмоторного автожира Bensen-B7 (компания Bensen Aircraft Corporation) состоялся 17 июля, а 6 декабря 1955 года взлетел В-7М (моторизованный). На В-7М был установлен 40-сильный двухтактный двигатель внутреннего сгорания Nelson H-59. Двигатель устанавливался позади сиденья пилота, несущий и толкающий винты были изготовлены из дерева, масса автожира составляла 85 кг. Втулка несущего винта могла наклоняться во все стороны на 12 градусов, угол атаки лопастей циклически изменялся. Рама была изготовлена из алюминиевых труб, в конструкции широко использовались болтовые соединения. Аппарат получил название “Gyrocopter” [1].



Рис. 5.1. Bensen В-7М

#### Летно – технические характеристики В-7М

Таблица 5.1

Длина, м	2,44
Диаметр несущего винта, м	6,25
Высота, м	1,63
Площадь, ометаемая НВ, м <sup>2</sup>	30,1
Масса пустого, кг	85
Максимальная взлетная масса, кг	205

Максимальная скорость, км/ч	136
Практический потолок, м	3800
Скороподъемность, м/с	5,1

Летал “Gyrocoper” хорошо, но в одном из полетов разгерметизировался топливный бак, и аппарат потерпел крушение. Бенсен сумел посадить аппарат. На восстановление автожира потребовалось три дня, после чего испытания продолжились. При ремонте конструктор пересмотрел систему управления автожира и изменил управление несущим винтом.

Следующей конструкцией компании был В-8М. Опыт показал, что В-7М вяло выполнял команды пилота, что энерговооруженность аппарата недостаточна, что нужен более мощный двигатель и В-8М оснастили 72-сильным двухтактным двигателем. В-8М стал наиболее известной и повторяемой моделью Бенсена. Фирма продавала чертежи по цене \$30 или набор для сборки за \$995, двигатель можно было приобрести по цене от \$495 до \$1195. Для сборки требовалось около 40 человеко-часов [1].



Рис. 5.2. Bensen B-8M

## Летно – технические характеристики В-8М

Таблица 5.2

Диаметр несущего винта, м	6,55
Масса пустого, кг	112
Максимальная взлетная масса, кг	250
Крейсерская скорость, км/ч	104
Максимальная скорость, км/ч	152
Практический потолок, м	4500
Мощность двигателя, л.с.	72

До сих пор Bensen В-8М летают по всему миру, немало объявлений об их купле-продаже можно найти в Интернете. Компания Bensen Aircraft Corporation выпускала эти автожиры вплоть до своего закрытия в 1987 г. Бенсен В-8М оказался самым массовым автожиром фирмы и, вероятно, самым массовым автожиром в мире. Игорь Бенсен мечтал о летательном аппарате, доступном для каждого, и столь простом в управлении, что научиться летать на нём можно самостоятельно [1].

На самолете для управления аппаратом используют рули высоты, руль поворота и элероны. Отклонением их в нужную сторону осуществляются любые эволюции. А автожиром такие рули не нужны: изменение направления полета происходит сразу, как только ось ротора изменяет свое положение в пространстве. Впрочем, у пилота автожира есть еще возможность отклонить вектор тяги несущего винта или использовать автомат перекоса, если он есть. Для изменения наклона оси ротора на планере-автожире применено приспособление, состоящее из двух подшипников: закрепленного в щечках головки и связанного с рычагом управления. Подшипник, будучи сферическим, позволяет валу ротора отклоняться от основного положения на 12° в любую сторону, что обеспечивает аппарату продольную и поперечную управляемость. От втулки несущего винта вниз свисает криволинейный рычаг управления ротором, жестко связанный с корпусом нижнего подшипника. Чтобы его было удобнее держать пилоту во время

полета, он имеет поперечину, напоминающую велосипедный руль. Куда пилот толкнет свой руль, вправо или влево, туда отклонится ротор и за ним послушно в этом же направлении летит автожир. Для подъема, пилот толкает руль-рычаг вперед, для прекращения подъема или снижения - тянет на себя. У планеров, самолетов и вертолетов движение аналогичного рычага вызывает движение машины в противоположную сторону, поэтому пилоты, пересевшие на автожир с другого летательного аппарата, должны обязательно пройти курс обучения. В критической ситуации, когда нет времени на размышления, движение ручки в противоположную сторону чревато опасными последствиями [1].

### **5.2.2. Втулка несущего винта**

При создании втулки несущего винта для нового автожира И. Бенсену пришлось выбирать из втулок с фиксированным шагом, автодинамических и вертолетных. Накопленный к тому времени опыт использования автожиров показал, что автожиры с автодинамической втулкой требуют от пилота очень высокой реакции, так как продолжительность прыжка не превышает 1,5 секунды. Вертолетная втулка была сложной в изготовлении и дорогой, кроме того, ее использование требовало установки рулевого винта. После долгих сомнений И. Бенсен остановился на втулке с фиксированным шагом, хотя автожиры с такой втулкой могут взлетать только с разбегом.

Сегодня большинство автожиров летают с втулками такого типа. Разница в используемых конструкциях заключается в форме щек (плоские или круглые), применяемых материалах (различные легкие сплавы) и некоторых изменениях размеров. Однако, эти различия не носят принципиального характера и можно сказать, что более 99 процентов автожиров, построенных после первого полета В7, летают с втулками несущего винта, спроектированными И. Бенсеном. Отметим,

что системы предварительной раскрутки ротора, используемые для сокращения длины разбега автожира, весьма разнообразны.

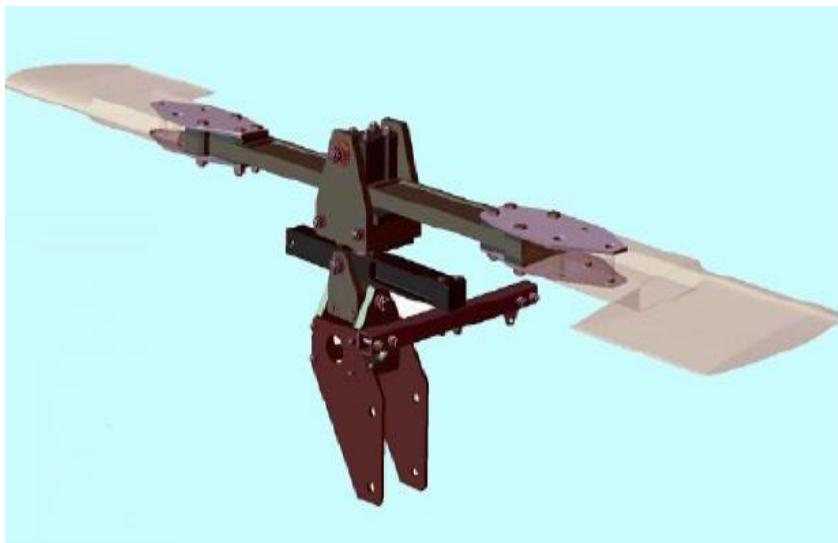


Рис.5.3.Втулка современного автожира



Рис 5.4. Система предварительной гидравлической раскрутки

## 5.3. Автодинамическая

### 5.3.1. Автожир Вейра W-3

Рассмотрим подробно технику прыжкового взлета и связанные с ним характеристики автожира. Автожир Вейр W-3 (рис. 3) – одноместная экспериментальная машина, построенная специально для отработки прыжкового взлета.

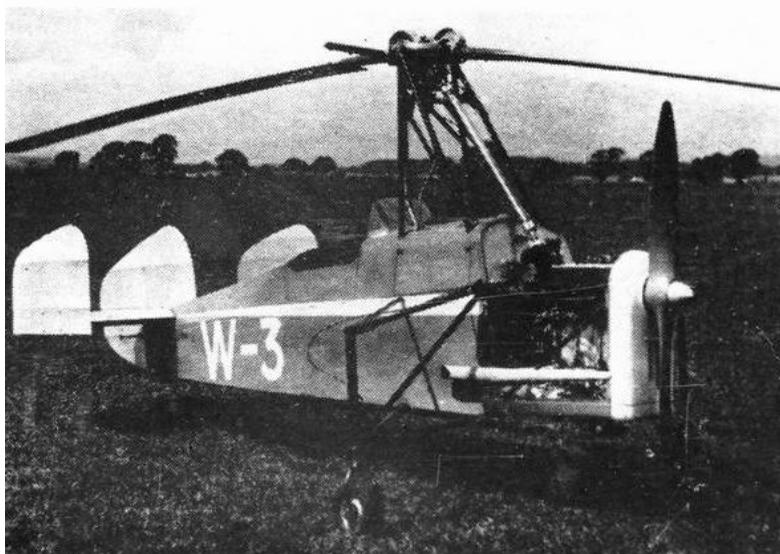


Рис. 5.5. Автожир с прыжковым взлетом «Веир W-3»

#### Летно – технические характеристики W-3

Таблица 5.3

Диаметр несущего винта, м	8,55
Площадь, ометаемая НВ, м <sup>2</sup>	57,4
Максимальная взлетная масса, кг	403
Максимальная скорость, км/ч	129
Мощность двигателя, л.с.	50
Высота прыжка, м	5
Продолжительность прыжка, с	2

Обороты ротора в полёте, об/мин	210
Обороты ротора при взлёте, об/мин	350

Двухлопастный ротор данного автожира диаметром 8,55 м, в полете вращается со скоростью до 210 об/мин. Перед прыжковым взлетом он раскручивается до 350 об/мин (в 1,7 раз больше). Двигатель «Пуллин» - четырехцилиндровый, перевернутого типа, с воздушным охлаждением, развивает мощность до 50 л.с. Максимальная скорость полёта автожира – 129 км/час. Автожир W-3 снабжен рулем поворотов, а также мощным килем для сохранения устойчивости, фюзеляж – коробчатого типа, а шасси – с очень широкой колеей.

Ручка управления имеет двойное шарнирное крепление, что делает систему управления привычной для пилотов планеров и самолетов. Для предотвращения ошибок в последовательности действий при взлете, управление запуском ротора включено в сектор. Передвигая рычаг сектора в первый паз, пилот включает тормоз колес (мотор уже запущен и работает на малом газе), затем передвигая рычаг на второй паз, пилот включает стартер, углы атаки лопастей уменьшаются до нуля, ротор начинает вращаться. Когда муфта сцепления полностью включилась, пилот плавно открывает дроссель (прибавляет газ), пока обороты ротора не достигнут значений, необходимых для прыжка (около 350 об/мин). После этого пилот нажатием отдельной кнопки одновременно выключает тормоз колес и стартер, вследствие чего углы атаки лопастей резко увеличиваются, и у сильно раскрученного ротора возникает подъемная сила, под действием которой автожир отделяется от земли, начиная прыжковый взлет.

Кинетическая энергия, аккумулированная в роторе во время раскрутки, оказывается достаточной для того, чтобы поднять машину на высоту пяти метров. При уменьшении оборотов ротора до обычных в полете (210 об/мин), вся запасенная в роторе кинетическая энергия перейдет в потенциальную, что свидетельствует о завершении прыжка. Подъем на указанную высоту занимает примерно 2 секунды.

Траектория прыжка идёт не по вертикали, а по гиперболе (рис. 6), т. е. высота сначала нарастает быстро, затем траектория полёта становится более полой. Это связано с тем, что при отрыве от земли горизонтальная скорость равна нулю, а по мере разгона аппарата тянущим винтом и убывания кинетической энергии несущего винта, горизонтальная составляющая скорости становится больше, а вертикальная убывает. Эту особенность прыжкового взлета можно заметить и на кадрах киносъёмки, сделанных во время испытаний [2].

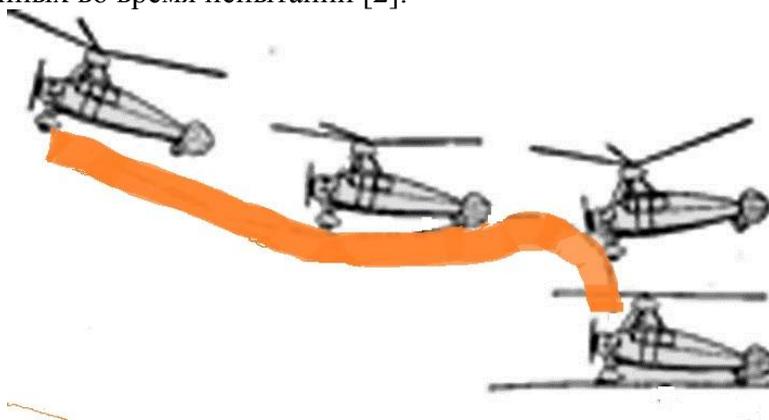


Рис.5.6. Схема прыжкового взлета автожира

После взлета с трех точек, т. е. с опущенным хвостом автожир принимает сначала горизонтальное положение, а затем наклонное вперед. Опускание носа аппарата пилот делает намеренно, при этом ротор тоже наклоняется вперед и тем самым принимает участие в создании поступательного движения, т. е. помогает тянущему винту (пропеллеру) быстрее набрать горизонтальную скорость. По мере увеличения горизонтальной скорости продольная ось автожира постепенно принимает нормальное положение.

Прыжковый взлет на высоту около 6 – 7 м уже разрешает проблему взлета автожира с любой маленькой площадки

(например: с палубы корабля, подводной лодки и т. д.). По мере развития технологий высота прыжка будет увеличена [3].

### 5.3.2. Втулка несущего винта

Такой тип втулок Сьерва придумал еще в 30-х годах двадцатого века. С конструкторской точки зрения это втулка с горизонтальными и вертикальными шарнирами, только вертикальные шарниры немного отклонены наружу примерно на 10 градусов. Небольшое изменение конструкции втулки позволило осуществить на автожире взлет с места. Такой взлет стали называть прыжковым.

Рассмотрим схему выполнения прыжка с точки зрения механики. Для лучшего понимания уточним пару нюансов: во-первых, когда автожир летит горизонтально, то подъемная сила лопастей равна взлетной\_\_массе (некоторые специалисты предпочитают термин полетный вес) автожира; во-вторых, если подъемная сила лопастей больше взлетной массы, то он поднимается, если меньше – опускается. Теперь собственно о схеме прыжка. Сначала лопасти установлены под углом 0 градусов к горизонту и при вращении лобовое сопротивление у них минимально. Если раскрутить лопасти до величины примерно в полтора раза превышающей обороты во время полёта и резко изменить угол их установки примерно до 10 градусов, то подъемная сила превысит массу автожира, и он будет подниматься вверх до тех пор, пока обороты несущего винта не уменьшатся до полетных. Еще одно замечание: при раскрутке лопастей путем вращения вала несущего винта во время отрыва от земли корпус аппарата начнет вращаться в противоположную сторону, поэтому одновременно с изменением общего шага лопастей необходимо остановить вращение вала прекратить приложение крутящего момента к валу несущего винта.

Рассмотрим, почему наклон вертикальных шарниров на 10 градусов позволяет выполнить прыжок. Вертикальный шарнир позволяет лопасти относительно втулки слегка отставать или

забегать вперед. Из-за наклона наружу лопасти при отставании и забегании вперед описывают некоторую коническую поверхность и, соответственно, углы атаки лопастей изменяются, причем при отставании углы атаки уменьшаются, при забегании вперед – увеличиваются (рис. 6).

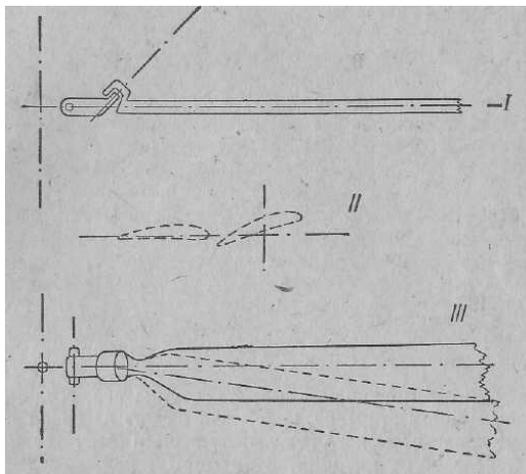


Рис. 5.7. Схема изменения угла атаки при отставании и забегании лопасти при наличии наклона вертикального шарнира

Во время раскручивания ротора, втулка, соединенная с приводным валом стартера, вращаясь, «ведет» за собой лопасти; при этом лопасти немного отстают от втулки (рис. 6), во-первых, вследствие инерции, а во-вторых, под действием силы лобового сопротивления. Но при отставании лопастей их углы атаки (благодаря наклону вертикальных шарниров) уменьшаются. Таким образом, во время раскручивания ротора углы атаки лопастей уменьшаются, вследствие этого уменьшается и лобовое сопротивление лопастей, что позволяет раскрутить ротор до скорости вращения, которая будет примерно в полтора-два раза больше, чем во время полета.

Когда летчик выключит муфту сцепления, на втулке уже не будет крутящего момента. И отставание лопастей прекратится. Они встанут по радиусам, и углы атаки их резко увеличатся до 8 – 10

градусов. Это приведет к быстрому нарастанию подъемной силы. А так как скорость вращения ротора в этот момент примерно в полтора раза больше, чем в полете, то возникающая подъемная сила оказывается тоже больше, чем в полете, т. е. больше, чем масса автожира, вследствие чего автожир поднимается в воздух – сделает прыжок (рис. 6) [3].

Буквально за год после представления Сьервой автожира с автодинамической втулкой в мире появились десятки конструкций автожиров с прыжковым взлетом. Однако опыт показал, что высота прыжка с такой втулкой не превышает 7,5 метров, а продолжительность – 1...1,5 секунд. Понятно, что использование автодинамической втулки требует от пилота очень высокой реакции и концентрации внимания. Добиться мягкой посадки с такой втулкой нельзя, точнее можно только «подтормаживая» вал несущего винта, что вызовет необходимость компенсировать возникающий разворот автожира по курсу, т. к. пилот не может в произвольный момент времени изменить углы атаки лопастей, чтобы уменьшить запас кинетической энергии в роторе. В силу этих и иных причин от автодинамических втулок отказались, несмотря на их привлекательную простоту.

## 5.4. Звёздочка

### 5.4.1. Автожир Хафнера AR-III

В начале 1937 г. Австрийский конструктор Р. Хафнер продемонстрировал в Хенворте (Англия) автожир своей конструкции (Рис.9). Внешне автожир Хафнера мало отличается от автожиров С-30, но существенно отличается от них конструкцией ротора и втулки несущего винта. Хафнер впервые ввел в конструкцию управление лопастями с помощью поводков. Вал, вокруг которого вращается втулка ротора, неподвижен, т. е. в отличие от бескрылого автожира Сиерва жестко прикреплен к кабану (пилону) ротора. Поднимая или опуская поводки, пилот может изменить углы атаки лопастей.

Это дает возможность автожиру выполнять взлет с места и вертикальную посадку [3].



Рис. 5.8. Автожир Хафнера AR-III

Поводковую систему Хафнер дополнил осевым шарниром. Из-за этого лонжерон лопасти (рис. 10) получился весьма сложным и тяжелым. Он представляет собой стальную трубу, монтированную на двух подшипниках на корне лопасти, соединенным с втулкой вертикальным шарниром. Лонжерон не закреплен жестко в подшипниках (в осевом направлении), а соединен с корпусом посредством круглого стального прутка,

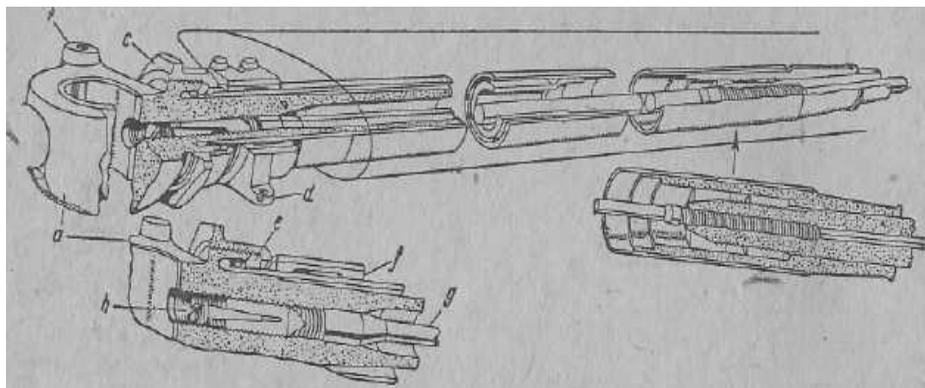


Рис. 5.9. Конструкция лопасти автожира Хафнера

*a* – ушко корня лопасти, *c* – внешняя гайка для восприятия центробежной силы в случае разрыва прутка, *d* – ушко для закрепления рычага управления углом атаки лопасти, *e* – кольцо для передачи центробежной силы на внешнюю гайку в случае разрыва прутка; *g* – пруток для восприятия центробежной силы лопасти, *l* – конторка прутка, *i* – ушко для крепления демпфера трения

воспринимающего центробежную силу, которая возникает при вращении лопасти. Этот пруток имеет малую сопротивляемость на кручение и поэтому позволяет лопасти поворачиваться около ее продольной оси, что позволяет изменять угол атаки лопасти. В случае отказа органов управления лопастями упругость этого прутка достаточна для того, чтобы лопасть установилась на угол атаки при авторотации. В случае разрыва прутка центробежная сила воспринимается корнем лопасти при помощи кольца и внешней гайки. Заметим еще, что треть лонжерона от корня лопасти представляет собой тонкостенную трубку, остальные две трети лонжерона представляют собой трубку меньшего диаметра, но зато с более толстыми стенками (обе трубы, конечно, соединены между собой). Концевые части лонжеронов сделаны с утяжелением, чтобы лопасти при вращении обладали большей инерцией, что позволяет аккумулировать больше энергии, необходимой для прыжка. Вес каждой лопасти равен 16 кг. [2]. Благодаря этим тонким и очень тяжелым лопастям, масса которых достигает 12 % взлетной массы

автожира, высота прыжка достигла рекордной для того времени высоты и составила по данным фирмы 10 – 20 м.

Летно – технические характеристики (по данным фирмы)

Таблица 5.4

Диаметр несущего винта, м	10
Площадь лопасти, м <sup>2</sup>	0,62
Максимальная взлетная масса, кг	403
Максимальная скорость, км/ч	200
Крейсерская скорость, км/ч	185
Мощность двигателя «Ниагара», л.с.	90
Высота прыжка, м	10-20
Число лопастей, шт.	3
Обороты ротора в полёте, об/мин	200
Обороты ротора при взлёте, об/мин	240
Масса лопасти, кг	16
Коэффициент заполнения (отношение площади лопастей к площади ометаемого диска)	0,0237
Нагрузка на площадь лопастей, кг/м <sup>2</sup>	217
Нагрузка на ометаемую площадь, кг/м <sup>2</sup>	5,13
Разбег при взлете (при 240 об/мин), м	около 2

Автожир Хафнера имеет руль поворотов и регулируемый стабилизатор. Руль высоты отсутствует. Рычаг для поднимания и опускания крестовины находится слева от летчика – у левого борта кабины. Головка ротора укреплена на кабане (пилоне), состоящем из трех стоек, которые изготовлены из стальных труб. Раскрутка ротора перед полетом производится посредством наклонного валика, передающего мощность на большую коническую шестерню. Верхний привод одет обтекателем, крестовина же в данной экспериментальной машине открыта. Фюзеляж к заднему

концу сделан высоким и узким, с целью получить эффективный киль. Шасси – трехстоечное, с широкой колеей. Мотор Побджой «Ниагара» 90 л. с. (ввиду малой скорости полета не капотировал) [2].

### 5.4.2. Втулка несущего винта

Поводковая система, в сочетании с автоматом – перекосом, для управления аппаратом, т.е. с втулкой, фиксированной на неподвижной оси, примененная на гироплане AR-III, позволяет производить прыжковый взлёт, к тому же увеличивает устойчивость аппарата во время полёта. Действие поводковой системы, автоматически изменяющей угол установки, в зависимости от ее пространственного положения можно понять из

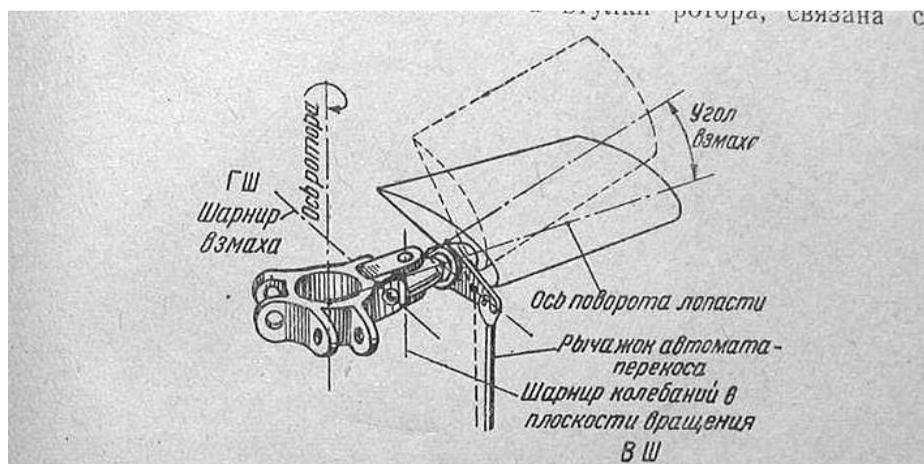


рис. 11.

Рис. 5.10. Схема поводковой системы

В обычную схему втулки с вертикальными и горизонтальными шарнирами вводится еще одно кинематическое звено – осевой шарнир на лонжероне лопасти (до вертикального шарнира втулки ротора). Для поворота относительно своего осевого шарнира (шарнира изменения

угла установки лопасти) лопасть соединена со специальным рычагом (горизонтальный поводок) посредством универсального шарнира с поводками. В свою очередь, вертикальный поводок связан со звездочкой, укрепленной на центральной штанге. Центральная часть штанги, укрепленная в центре втулки, имеет шаровую опору. Ручка управления, имея шаровую опору в нижней части полого стакана кабана втулки ротора, связана с центральной штангой скользящим универсальным шарниром. Таким образом, можно посредством отклонения ручки производить отклонения центра звездочки в любом азимутальном направлении и вызывать этим циклические изменения угла установки лопасти. В свою очередь, можно менять общий шаг лопастей ротора посредством механизма изменения общего шага, осуществленного в этой схеме в виде подвижного внутреннего стакана шаровой опоры, перемещающегося при вывинчивании тяги и перемещающегося по вертикали звездочку с поводками.

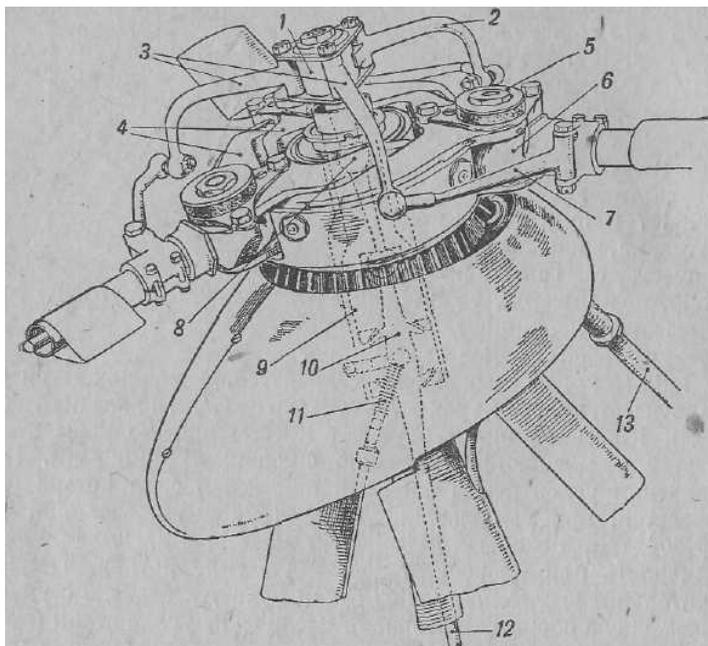


Рис. 5.11. Втулка ротора автожира Хафнера

1–Крестовина (звездочка), 2 – жесткий рычаг, 3 – два шарнирных рычага, 4 – колена - вилки, 5 – демпфер трения вертикального шарнира, 6 - корень лопасти, 7 – рычаг для изменения угла атаки лопасти (так как лопасть и крестовина имеют независимые друг от друга движения, то рычаг присоединен шарнирно), 8 – центр вращения крестовины (лежит в одной плоскости с тремя шаровыми головками рычагов), 9 – подвижной поршень, к которому прикреплен рычаг управления посредством шарового шарнира, 11 – тяга управления для продвижения поршня, 13 – валик привода от мотора

Шарнирное соединение рычага с тягой не совпадает с осью горизонтального шарнира. Обычно оно располагается впереди лопасти. Поэтому при вертикальном перемещении лопасти изменяется угол ее установки: при подъеме лопасти уменьшается, а при опускании увеличивается. Для некоторых геометрических соответствий рычагов при отставании лопасти угол установки уменьшается, а при опережении – увеличивается. При этом все три оси горизонтальных шарниров пересекаются с осью втулки в одной точке, благодаря чему лопасти даже при неодинаковых отклонениях не передают никаких изгибающих моментов на втулку.

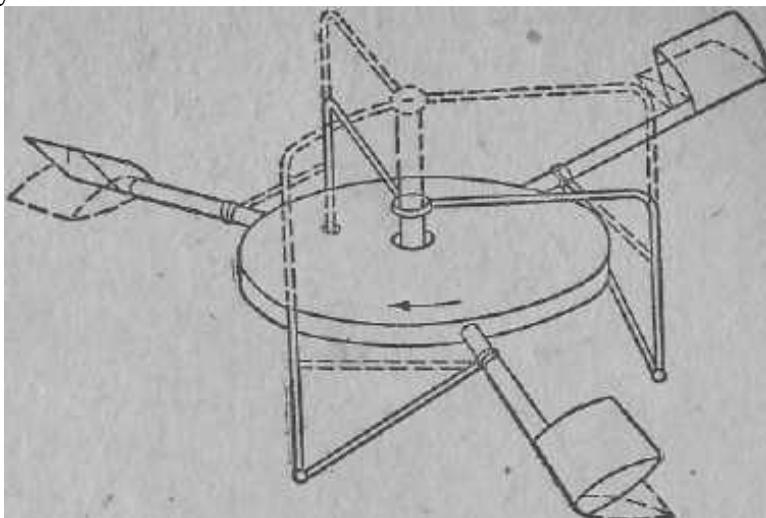


Рис. 5.12. Схема устройства управления

Таким образом, пилот имеет возможность управлять циклическим изменением шага (автоматом-перекосом) и имеет управление общим шагом. В свою очередь втулка имеет механизм для автоматического изменения углов установки при изменении пространственного положения лопасти («регулятор шага»).

Многие фирмы применяют поводковую систему у втулок с разнесенными осями горизонтальных шарниров. На некоторых вертолетах верхняя звездочка Хафнера заменена центральными дисками, но схема действия остается той же. При подъеме лопасти угол установки уменьшается, а при опускании – увеличивается. Также вследствие того, что поводок смещен по отношению к оси вертикального шарнира, при отставании лопасти угол ее установки уменьшается, а при забегании вперед от своего радиального положения – увеличивается.

Таким образом, видно, что поводковая система, сохраняя те же динамические свойства, что и системы Сиерва и Кея, в отличие от них не требует наклона оси втулки при управлении аппаратом, что значительно упрощает конструкцию [3]. Впрочем, по мнению современных специалистов по автожирам поводковая система усложняет, удорожает и утяжеляет втулки несущего винта

Из сказанного ясно, что перед взлетом раскрутка ротора производится при опущенной крестовине, т. е. при минимальных углах атаки лопастей. Когда число оборотов ротора достигнет максимума (около 240 об/мин.), т. е. на 20% превысит полетное число оборотов (200 об/мин.), пилот, выключив муфту сцепления и тормоза колес, поднимает крестовину, увеличивая углы атаки лопастей до наибольших. Вследствие этого подъемная сила ротора резко возрастает почти от нуля до максимума и становится больше массы автожира. Под действием этой силы, автожир круто, почти без разбега, взлетает. К моменту подъема на высоту 10 – 20 м энергия, аккумулированная в роторе, оказывается уже в значительной степени израсходованной, и пилот, опустив крестовину до положения нормальных углов атаки, осуществляет дальше нормальный полет.

При подходе на посадку, когда до земли остается 1 – 2 м, пилот снова поднимает крестовину, увеличивая углы атаки лопастей до наибольших. Так как при спуске ротор имеет только полетное число оборотов, то увеличением общего шага несущего винта подъемную силу ротора в этом случае удастся увеличить, конечно, в меньшей степени, чем при взлете, и только на очень короткое время, но и такое увеличение подъемной силы оказывается достаточным для того, чтобы, «подорвав» машину, посадить ее «по-птичьи» – без пробега и без толчка.

### 5.4.3. CGD/T



Рис. 5.13. Один из экспериментальных образцов CGD/T

Во время летных испытаний прототипа автожира компании Carter Aviation Technologies пилот-испытатель Джордж Митчелл выполнил несколько вертикальных взлетов, и поднимался более чем на 50 метров вертикально вверх. Автожир не похож на обычный. Индикатор перегрузки показывал 2,25 G при взлете.

Такие результаты были показаны благодаря новой роторной системе, разработанной Carter Aviation.

Хотя новая роторная система тестировалась на земле при оборотах 670, летные испытания начались с оборотами значительно ниже максимума. Во время одного из первых испытаний был произведен прерванный взлет с минимальными оборотами, чтобы доказать, что в роторе запасено достаточно энергии для безопасного возвращения на землю.

Затем был произведен почти вертикальный заход на посадку и посадка была прервана всего в 30 см. от земли. Маневр был произведен успешно. Затем обороты ротора были доведены до 490 оборотов. Именно после этого угол подъема на высоту 50 метров стал практически вертикальным. Если во время вертикального взлета автожир двигался вперед, он набирал высоту более 100 метров, прежде чем обороты ротора уменьшались до крейсерских.

Последние летные испытания проводились чтобы доказать работоспособность нескольких технических разработок Carter. В конце 2004 года Carter приобрела серийный КИТ автожира и начала использовать свои технологические наработки при его изготовлении. Новый прототип автожира назван CarterGyro Demonstrator/Trainer (CGD/T или CarterGyro). К нему добавлено новое запатентованное шасси. Шасси имеет ход в 35 сантиметров и способно выдерживать удар при посадке в 6 G.

Зapatентованный композитный пропеллер с пустотелыми лопастями от Carter является следующим добавлением. Его диаметр составляет 150 см. и он дает около 130 килограммов тяги при мощности в 60 л.с.

Ротор имеет диаметр 7,92 метра. Для повышения безопасности был разработан специальный механический регулятор шага. Для подтормаживания очень инерционного ротора используется специальный тормоз.

Carter говорит: "Мы очень довольны результатами испытаний. Мы провели требуемые часы испытаний после того, как были внесены изменения в ротор, но продолжаем работать над безопасностью и управляемостью системы. Предстоит еще добавить некоторые

опции, такие как электростартер, но CGD/T уже демонстрирует себя как профессиональный аппарат. У нас есть автожир, который может вертикально взлететь, пролететь 200 миль, и затем безопасно сесть и взлететь со стоянки для грузовиков для дозаправки, обеда или отдыха. CGD/T представляет собой мини-ПАМ (Персональный Аэромобиль) [8].

#### 5.4.4. Втулка несущего винта

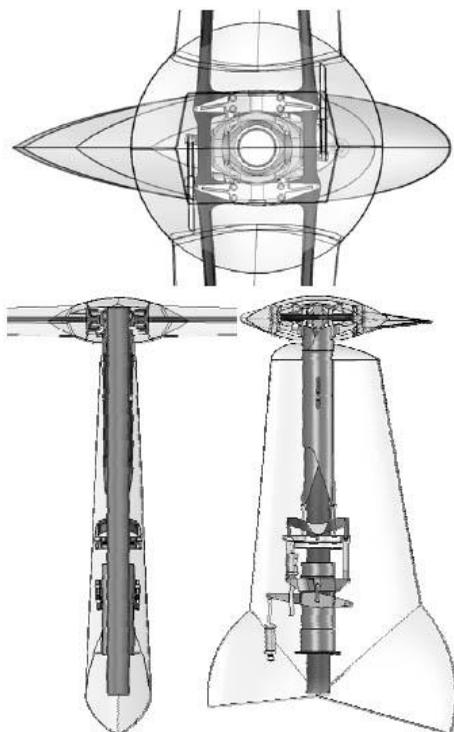


Рис. 5.14. Втулка несущего винта CGD/T

Втулка типа звездочка. Торсион выполнен в форме блина, имеется управление общим и циклическим шагом. Автомат перекося расположен под лопастями, коромысло, к которому присоединены поводки, размещено выше лопастей. Механическая

система раскрутки лопастей. На видеороликах видно, как при подъеме коромысла крышка приоткрывается.

## 5.5. Втулка НВ с автоматом перекоса Юрьева

### 5.5.1. Прыжковый автожир МАИ-205

В 1998 году ОСКБЭС МАИ строила собственный автожир - МАИ 205, на который был полностью перенесён с вертолёта автомат перекоса, установлено даже управление циклическим шагом. Работы были проведены до первых полётов, однако в итоге их пришлось остановить, машина оказалась слишком дорогой в реализации [5].

На автожире установлен на кольцевой мотораме двигатель "Rotax-914ULS" (Австрия) - поршневой, жидкостного охлаждения, с оппозитным расположением цилиндров, с карбюраторный, четырехцилиндровый, четырехтактный, с турбонаддувом, мощностью 100 л. с. и максимальной взлетной мощностью 115 л. с. В качестве топлива используется бензин АИ-95. Емкость топливного бака 30 л, интегрированный в единый конструктивный блок с двумя комфортабельными баками для химикатов.

#### Геометрические характеристики

Таблица 5.5

Длина без НВ, м	5,32
Длина с вращающимся НВ, м	9,0
Высота (до верхней точки вала НВ), м	2,87
Диаметр НВ, м	9,0
Коэффициент заполнения	0,0453
Угол установки оси вала НВ, град	5
Угол поперечной установки оси вала НВ, град	1
Относительная толщина профиля лопасти НВ, %	12
Профиль лопасти НВ,	НАСА-23012

Угол конусности лопастей, град	5
Геометрическая крутка лопастей, град	0
Угол установки лопастей (раскрутка)	-1
Угол установки лопастей при прыжковом взлете	10
Угол установки лопастей при взлете с разбегом	4
Угол установки лопастей в горизонтальном полете	4
Максимальный угол поворота лопасти в горизонтальном шарнире, град	8
Угол отклонения тарелки автомата перекоса, град	-5...+5
База шасси на стоянке, м	1,81
Колея на стоянке, м	1,52

#### Весовые данные

Таблица 5.6

Масса пустого автожира в с/х варианте, кг	370
Максимальная масса топлива в баке, кг	22
Максимальная взлетная масса, кг	530
Максимальная масса химикатов, кг	70
Максимальная масса пилота, кг	100
Минимальная масса пилота, кг	50

Расчетные летные характеристики , были определены для взлетной массы 410 кг и 530 кг.

Таблица 5.7

Минимальная приборная скорость горизонтального полета у земли, км/ч	30	44
Максимальная скорость горизонтального полета у земли при работе двигателя на максимальном режиме, км/ч	145	115
Максимальная не превышаемая скорость	160	160

полета, км/ч		
Максимальная скороподъемность у земли, м/с	5,1	2,7
Длина разбега при взлете с предварительной раскруткой ротора НВ, м	50	100
Скорость отрыва при взлете с предварительной раскруткой ротора НВ, км/ч	60	66
Длина разбега при прыжковом старте, м	~0	~0
Скорость отрыва при прыжковом старте, км/ч	12	8
Посадочная скорость при посадке с пробегом, км/ч	35	40
Длина пробега при посадке с пробегом, м	35	50
Посадочная скорость при посадке с подрывом, км/ч	5	10
Длина пробега при посадке с подрывом, м	0	10
Наивыгоднейшая скорость набора высоты, км/ч	90	90
Практический потолок, м	4250	1750
Максимальная дальность полета без с/х оборудования, км	185	-
Радиус установившегося виража, м	30	30
Максимальная допустимая эксплуатационная перегрузка	+3,5	+3,5
Минимальная допустимая эксплуатационная перегрузка	+0,5	+0,5



Рис. 5.15. Автожир МАИ-205

Испытания автожира были остановлены после выполнения первых полетов. Машина была разукomплектована и работы по данному проекту были прекращены.

### **5.5.2. Втулка несущего винта**

Втулка несущего винта автожира МАИ-205 имеет общий горизонтальный шарнир и подвеску лопастей с помощью торсионов. Несущий винт из композитных материалов диаметром 9,2 м изготовлен на Кумертауском авиапроизводственном предприятии.

На данном автожире использована механическая система раскрутки несущего винта. Ее конструкция включала ременную передачу, систему тяг, роликов и электродвигатель. Она обеспечивала взлет автожира без разбега. Для выполнения прыжкового взлета НВ раскручивался на земле до оборотов в 1,3...1,5 раза превышающих обороты несущего винта в горизонтальном полете. После раскрутки НВ пилот кнопкой на ручке управления автожиром включал режим прыжка и за 2...3 секунды угол установки лопастей увеличивался до 10

градусов. Возникающая положительная вертикальная перегрузка за счет тяги несущего винта позволяла автожиру отделяться от земли. В момент отрыва система управления обрабатывает шаг НВ до 4 градусов, а за счет тяги толкающего винта автожир переходит в поступательное движение с увеличением скорости и с небольшой просадкой переходит в режим разгона и набора высоты.

### 5.5.3. Автожир Р-14М



Рис.5.16.Р-14М

Данные по автожиру Р-14М ( г. Кумертау 1997 г.)

Таблица 5.8

Взлетная масса, кг	200
Сухая масса конструкции, кг	110
Радиус лопасти, м	3,65
Хорда лопасти, мм	325
Количество лопастей	2
Масса лопасти, кг	7,5
Полетные обороты ротора, об/мин	250-260
Двигатель от снегохода Буран	PM3-640

Мощность двигателя, л. с.	28
Статическая тяга винта, кгс	100
Скорость полета, км/час	45- 120

Прыжковый взлет не выполнялся, совершенно много подлетов и несколько полетов по кругу.

#### 5.5.4. Втулка НВ

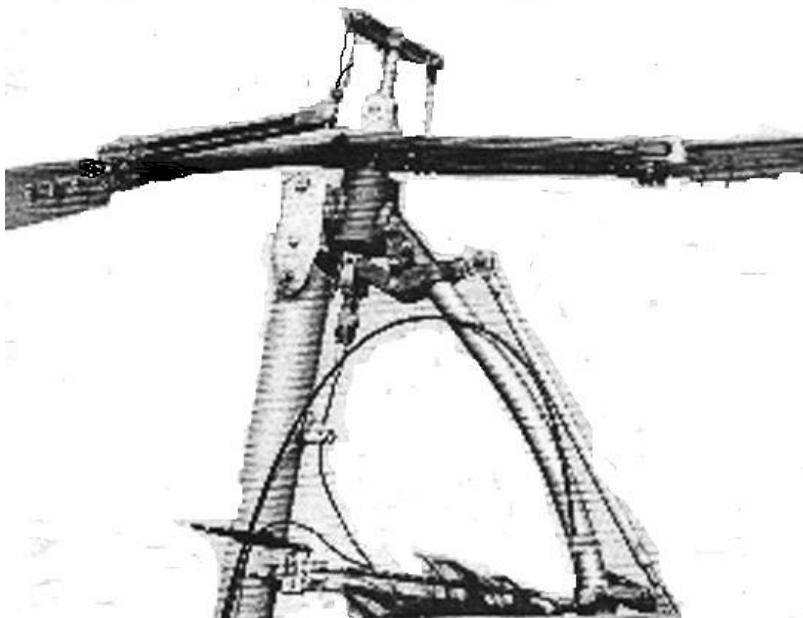


Рис. 5.17 Втулка несущего винта автожира Р-14М

Втулка торсионная, имеется управление общим и циклическим шагом. Автомат перекося расположен под лопастями, коромысло, к которому присоединены поводки, размещено выше лопастей. Система раскрутки лопастей – тросовая.

### 5.5.5. Автожир Lfino



Рис.5.18 Автожир Lfino

На фестивале автожиров Bensen Days (Флорида, 2005) демонстрировался Lfino, строившийся два года создателем автожиров "Доминатор" Эрни Бойеттом и Диком ДеГро - автором прыгающего автожира GyRhino.

Это двухместный аппарат с трехлопастным свободнонесущим ротором, с прыжковым взлетом и подкруткой ротора в полете. Для достижения безопасной высоты прыжка конструкторам пришлось утяжелить лопасти. Лопасти имеют небольшую хорду и равномерное распределение массы по длине. Низкое аэродинамическое качество решили компенсировать подкруткой ротора в полете. Она оказалась весьма интересным техническим решением, позволяющим при заданной мощности силовой установки существенно увеличить аэродинамическое качество (сокращаются потери мощности на вращение ротора за счет авторотации), скорость крейсерского полета

и экономичность аппарата. Это уже не первый эксперимент Дика ДеГро с подкруткой ротора - несколько лет назад он уже строил аппарат с такой системой. Правда, новый аппарат построили с большой взлетной массой и даже огромное вертикальное оперение недостаточно эффективно гасило вращение корпуса автожира в полете. Новый флоридский автожир проходит летные испытания.

### 5.5.6. Втулка несущего винта



Рис. 5.19. Втулка несущего винта L'fino

Втулка содержит узлы управления общим и циклическим шагом. Автомат перекося находится под лопастями. В полете вал ротора соединен с двигателем и забирает у него 5 – 15 процентов мощности..

## 5.6. Втулка НВ с половинкой автомата перекоса Юрьева, с тарелкой под лопастями

### 5.6.1. Air & Space 18A



Рис.5.20. Air & Space 18A

Air & Space 18A – американский автожир с прыжковым взлётом. Один из трёх автожиров, получивших в США сертификат типа и лётной годности. Производился малой серией с 1965 года, всего выпущено 68 автожиров.

#### Разработка и производство

Разработка автожира была начата в 1957 компанией Umbaugh Aircraft Corporation (Ocala, Florida), основанной Raymond E. Umbaugh. Ведущий конструктор аппарата – Gilbert Devore. В разработке прыгающего автожира был использован несущий винт от вертолета Szymscer Omega BS-12. Первый прототип, обозначенный Umbaugh U-17, был построен на заводе Fairchild Engine and Airplane Corporation и выполнил полет в августе 1959. В ходе испытаний обнаружили проблемы со стабильностью полета аппарата, что потребовало дополнительных испытаний с разными конфигурациями хвостового оперения. Третий прототип показал удовлетворительные летные характеристики: к этому времени Raymond E. Umbaugh заключил соглашение с Fairchild на окончательную доводку и серийное производство автожира под обозначением U-18 или «Flymobil.»

Пять машин было построено на заводе Fairchild в 1960 г.; в сентябре 1961 на автожир был получен сертификат типа. Фирма Umbaugh организовала развитую сеть дилеров и дистрибьюторов автожира в США: однако по причине несоответствия числа заказов и реальных производственных возможностей Fairchild в деятельности фирмы начались большие затруднения. В итоге в 1962 фирма Umbaugh Aircraft Corporation прекратила существование, контракт с Fairchild - расторгнут.

Около ста дилеров Umbaugh выкупили активы компании и в 1964 основали предприятие Air and Space Manufacturing, Inc., с целью возобновления производства автожира. В 1965 был получен производственный сертификат на модель Air & Space Model 18A, которая была практически аналогична Umbaugh U-18. К концу 1965 было выпущено и продано 68 автожиров, 14 были в стадии сборки, однако, по ряду финансовых причин компания прекратила существование в 1966. Активы компании были на хранении до тех пор, пока в 80-х один из бывших дилеров (Don Farrington) снова выкупил их. Смена владельцев продолжалась: в настоящий момент сертификатом типа 2 владеет компания Heliplane Aircraft International Corp., занимающаяся в основном продажей оставшихся на складе запасных частей и ремонтом. Имевшие отношение к производству автожиров компании Farrington Aircraft Corp. (выпустившая малую серию, около 10 модифицированных машин, в 1991–1996) и Air and Space America, Inc. также прекратили работу: их активы проданы с аукциона.

Крупносерийное производство автожиров с 1965 не возобновлялось.

### Конструкция

Двухместный прыгающий автожир с толкающим винтом. Фюзеляж – цельнометаллический полумонокок, рама центральной секции - сварная из стальных труб. Кабина закрытая двухместная, с тандемным расположением сидений, с двойным управлением. Хвостовое оперение с поворотным рулем направления. Шасси с управляемой носовой стойкой, возможно дифференциальное торможение основными колёсами. Двигатель- горизонтальный оппозитный карбюраторный Lycoming O-360-A1D мощностью 180 л.с.

Длина: 6,04 м;  
Высота: 2,82 м;  
Диаметр несущего ротора: 10,67 м;  
Взлетный вес: 816 кг;  
Максимальная скорость: 177 км/ч;  
Практический потолок: 3 658 м;  
Дальность: 483 км [9].

### **5.6.2. Втулка несущего винта**

Несущий ротор- трехлопастный, крепление лопастей- трехшарнирное, с возможностью изменения общего шага. Трансмиссия включает гидравлическую муфту для предварительной раскрутки ротора. При взлете ротор устанавливается в малый общий шаг и раскручивается до 370 оборотов в минуту (в полете число оборотов в минуту – около 200). Затем пилот увеличивает общий шаг и автожир выполняет подскок, или прыжковый взлет за счет избытка накопленной энергии ротора, переходя затем в горизонтальный полет [9].

## **5.7. Втулка НВ с половинкой автомата перекоса, коромыслом над лопастями**

### **5.7.1. Автожир Поло**

Все началось в январе 2002 года. Не имея опыта в автожиростроении, конструктор Б. Половинкин начал с изучения автожиров времен Сьервы и Бенсена, и закончил современными зарубежными разработками, такими как РАФ-2000 и Доминатор. Последний он оценил наиболее высоко.

Для накопления летного опыта Б. Половинкин прошел курс пилотов любителей в Новосибирском дельталетном клубе. Ощутить счастье полета мечтает, наверное, каждый человек, но

далеко не каждому судьба дает возможность его испытать. Постичь физику полета, по-настоящему прочувствовать, насколько плотен воздух, насколько надежен, – это основа воспитания пилота-любителя.

Прежде чем прийти к четкой компоновке конструктору пришлось сделать сотни зарисовок, эскизов и чертежей. Главными помощниками были дети. Первый вариант автожира был оснащен двухлитровым двигателем Subaru.



Рис. 5.21. Автожир Поло

В 2003 году конструктор Б. Половинкин побывал на выставке МАКС-2003 и ознакомился с последними отечественными разработками автожиров (Охотник, конструктор В. Шумейко, А-002, конструктор А. Татарников, Иркутское авиационное объединение Иркут). Он еще раз утвердился в правильности выбранного направления. Опыт пилотирования дельталаета, подсказывал конструктору, что пилотажный аппарат должен быть легким. По его мнению летательные аппараты даже одного класса в зависимости от взлетной массы необходимо подразделять на маршрутные и пилотажные.

Технические требования к создаваемому пилотажному автожиру.

1. Прыжковый взлет.

2. Аппарат должен быть пилотажным, а значит, легким с двигателем Simonini 105 л. с.

3. Высокое аэродинамическое качество и хороший дизайн.

4. Двухлопастный ротор с торсионной втулкой и регулируемой по общему шагу головкой.

5. Легко складывающийся пилон для удобства в обслуживании, хранении и транспортировке в трейлере.

6. Двухместный.

7. Спаренное вертолетное управление.

В результате четырехлетней работы получился аппарат, который описан ниже.

За счет высокой рессоры вектор тяги проходит гарантированно ниже центра масс автожира, это обеспечивает высокую устойчивость аппарата в воздухе и исключает кувырок вперед. Стеклопластиковый стабилизатор установлен на квадратную балку из АМГ-6. Сверху на раму установлен складывающийся без разборки пилон. Через пилон проходит карданный вал для раскрутки ротора, тяги управления втулкой, зафиксированные на качалках, и тяга управления шагом лопастей. Корпус ступицы головки ротора крепится к пилону через рамочный шарнир. Через подшипник в корпусе проходит полый вал. На валу установлена шестерня с обгонной муфтой. Шток, соединенный с коромыслом через подшипниковую обойму проходит внутри полого вала. Также на валу пальцем закреплена качалка, к ней на болтах торсион, набранный из стеклопластиковых пластин, и уже к нему крепятся лопасти. Раскрутка ротора производится через клиноременную передачу, угловой редуктор и обгонную муфту, которая установлена на полом валу ступицы втулки.

Фирма «Воздушный мост» изготовила пилотажные лопасти с оригинальной конструкцией каркаса. Лопасти могут храниться в собранном виде.

Перед пилоном сверху кабины стоит воздухозаборник для охлаждения двигателя. Охлаждающий воздух протягивается маршевым винтом через радиатор и закрытый моторный отсек. Предусмотрена установка электроклапана. Бензобаки емкостью 45 л установлены за спинами пилота и пассажира за непроницаемой перегородкой.

Вся кабина раскроена из плосковыпуклых листов, поэтому и остекление выполняется из трех неформованных листов поликарбоната. Колеса с барабанными тормозами на стеклопластиковой рессоре.

Сухая масса аппарата составляет 260 кг, Ручка управления газом и шагом – точная копия РУДа ? от Ми-2. После раскрутки ротора при выводе РУДа в положение «прыжок» автоматически отключается угловой редуктор [6].

### **5.7.2. Втулка несущего винта**

Согласно патенту RU № 2005057 МПК В64С 27/02 опубликованному 15.01.94. автожир содержит устройство изменения общего шага лопастей его несущего винта. Устройство выполнено в виде коромысла над лопастями, установленного на конце подвижного в осевом направлении штока, размещенного внутри вала несущего винта, соосно с ним. Противоположный конец штока, взаимодействующий с исполнительным механизмом, кинематически связан с рычагом управления, находящимся в кабине пилота. Коромысло через тяги тандемного типа связано с поводками лопастей, закрепленных на последних.

Данная конструкция втулки ротора неработоспособна из-за отсутствия шарнира качения.

Втулка несущего винта (патент RU № 2235662 МПК В64С 27/40 опубликованный 04.10.2004). содержит вращающийся наружный корпус с зубчатым колесом предварительной раскрутки, соединенные невращающимся внутренним валом. Внутри вала расположен рычажный механизм управления, осуществляющий

наклон оси и перемещение в вертикальном направлении соединенного с ним коромысла. Оно установлено на рычажный механизм управления, соединено с каждой из лопастей через скобу с осевым шарниром.

Данная втулка не позволяет производить прыжковый взлет и вертикальную посадку, а также сложна в изготовлении.

Работы по совершенствованию втулок несущего винта автожиров проводятся давно, однако проблемы, описанные выше, остаются практически нерешенными и требуют использования нового подхода.

Задачей, решаемой настоящим изобретением, является разработка простой и надежной в эксплуатации головки ротора с торсионной втулкой и обтекателем для автожира с прыжковым взлетом и вертикальной посадкой.

Корпус ступицы головки ротора укреплен к пилону через рамочный шарнир. В этом корпусе установлен подшипник, через который проходит полый вал, внутри которого проходит шток, соединенный с валом коромысла через подшипниковую обойму. На полый вал установлено зубчатое колесо жестко или через обгонную муфту в зависимости от привода раскрутки ротора. Если шестерню привода раскрутки ротора установить через бендикс или на откидывающийся шарнир, то зубчатое колесо может быть установлено на полый вал жестко. Если шестерню привода раскрутки ротора выполнить с постоянным зацеплением с зубчатым колесом, то оно может быть установлено на вал через обгонную муфту.

Втулка ротора, состоящая из качающегося шарнира и торсиона, набранного из стеклотекстолитовых пластин, закреплена на валу пальцем. Палец фиксирует поступательное движение вала и находится в специальной прорези, сделанной на валу.

На плиту головки ротора крепится обтекатель, выполняющий роль компенсатора усилия.

Рисунки.

1. Конструкция головки ротора автожира (рис. 36)
2. Схема обтекателя головки (рис. 37).
3. Общий вид автожира (рис. 32).

#### 4. Фото головки ротора (рис. 38).

Головка ротора автожира включает корпус ступицы 1, прикрепленный к пилону 2 через рамочный шарнир 3. В корпусе ступицы установлен подшипник (на рис. 36 не показан), через который проходит полый вал 4. На этом валу установлено зубчатое колесо 5.

На корпусе ступицы 1 установлена плита 7 и на ней закреплен привод 6 раскрутки ротора. Шестерня 6 находится в постоянном зацеплении с зубчатым колесом 5, установлено на вал 4 через обгонную муфту 8.

Возможен вариант, когда зубчатое колесо установлено на полый вал 4 жестко, при этом шестерня 6 привода раскрутки ротора установлена через бендикс или на откидывающийся шарнир.

Шток 9 управления шагом ротора проходит через полый вал 4, подшипниковую обойму 12 головки ротора. Конец штока 9 соединен с валом 13 коромысла 14. Вал 13 коромысла 14 имеет прорезь 15 (для поступательного движения), через которую проходит палец 16 крепления втулки ротора 17. Втулка 17 состоит из качающегося шарнира (качалки) 18 и стеклотекстолитового торсиона 19. Нижняя плоскость качалки 18 имеет грани фрезерованные под углом 2 – 3 градуса к плоскости. Данный угол зависит от параметра лопастей 20.

Стеклотекстолитовые пластины 21 на концах торсиона 19 (он V-образный, его «крылышки» отклоняются от горизонтали на 4 – 6 градусов) склеиваются, после чего рассверливаются отверстия 22 для установки пластин 23 крепления лопастей 20 несущего винта и поводков 24. Поводки 24 связаны с тягами управления 10 и коромыслом 14.

К плите 7 подсоединены тяги управления 27 через шарнир 28. Они снабжены шаровыми шарнирами 11. На рис. 37 показан паз 26 для откидывающегося шарнира.

Ниже описана работа головки ротора.

Использован механический привод раскрутки ротора. От шкива, установленного на редукторе двигателя автожира (рис. 32, 38), через клиноременную передачу с натяжным роликом вращение

передается на угловой редуктор. От него через двойной карданный вал на ведущую шестерню 6 головки ротора. Шестерня 6 находится в постоянном зацеплении с зубчатым колесом 5, установленным на полый вал 4 головки ротора через обгонную муфту 8.

При выводе ручки управления (шаг-газ) во взлетное положение, угловой редуктор отключается автоматически. Таким образом, предложенная торсионная втулка 17 позволяет изменять шаг лопастей 20 с помощью тяг управления шагом ротора 10.

Рамочный шарнир 3 головки ротора, выполнен симметричным, что компенсирует отклонения ручки управления от среднего положения при прыжковом взлете.

С увеличением скорости поступательного движения автожира появляется усилие на ротор от набегающего потока. Для компенсации этого усилия на ручке управления автожира на плиту 7 головки ротора установлен обтекатель 25, основная часть площади которого находится ниже поперечной оси вращения 29 головки ротора. Для более точной настройки возможна дополнительная установка триммера по нижней части обтекателя 25.

Предлагаемое изобретение дает возможность выпускать автожиры с прыжковым взлетом и вертикальной посадкой с применением в них предлагаемой конструкции головки ротора с торсионной втулкой [7].

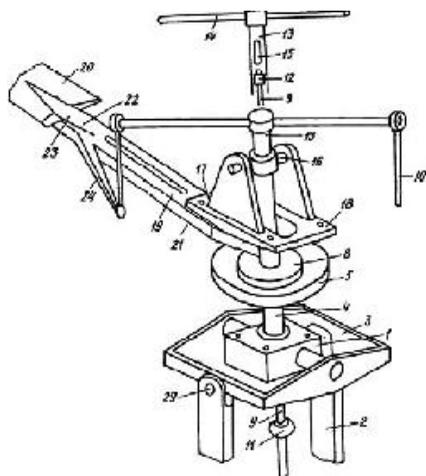


Рис.5.22.Схема втулки НВ

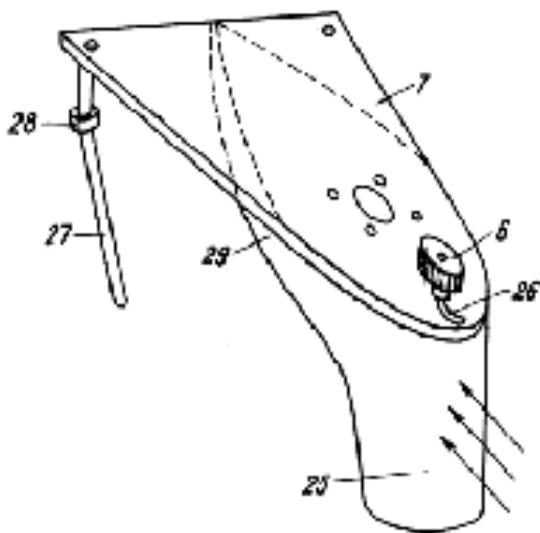


Рис. 5.23 Схема обтекателя втулки НВ

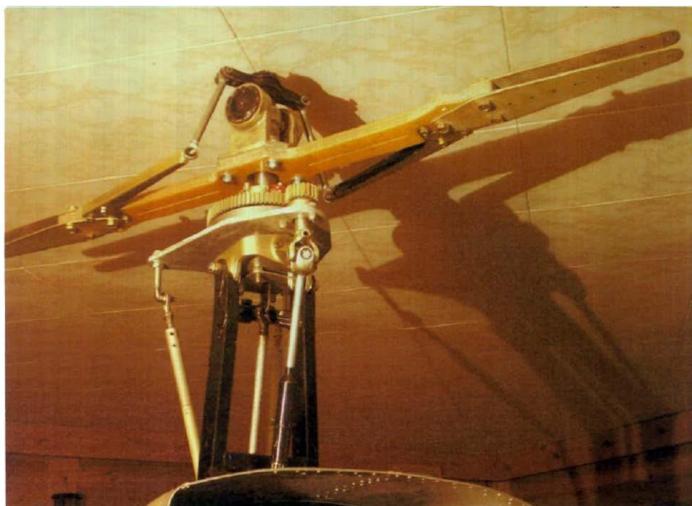


Рис.5.24.Фото втулки несущего винта

## 5.8. Выводы

1. Все описанные в статье втулки несущего винта, за исключением втулки Бенсена, функционально позволяют совершать прыжок, ведь у них есть управление общим шагом. При наличии системы предварительной раскрутки ротора до оборотов выше полетных, автожир с такой втулкой вполне способен совершить прыжок. Правда, его высота зависит от количества энергии, запасаемой ротором.

2. Втулка Бенсена не позволяет автожиру взлетать с места, ему необходим хотя бы небольшой разбег. Однако, при встречном ветре примерно 6 метров в секунду, ротор раскручивается до оборотов, достаточных, чтобы взлететь с места. При посадке необходимо следить, чтобы обороты несущего винта не были слишком большими, чтобы запас энергии в роторе не превышал допустимый порог, иначе при ударе о землю она как бы взрывает автожир и происходит авария.

3. Автодинамическая втулка не обеспечивает безопасность прыжкового взлета, т. к. не позволяет достичь безопасной высоты

прыжка. При выполнении прыжка высотой до 5 метров пилоты не всегда успевают вовремя среагировать на окончание прыжка. Весь прыжок длится 1 секунду. В полете при резком порыве ветра обороты несущего винта могут возрасти до опасных, т. е. привести к неожиданному для пилота увеличению общего шага. Мягкая посадка недостижима, ведь пилот не может увеличить углы атаки лопастей по своему желанию, они зависят от числа оборотов ротора.

4. Втулки звездочка сложнее в изготовлении, чем втулки с половинкой автомата перекоса Юрьева, однако с такой втулкой летает множество вертолетов. Высокий прыжок автожира AR-III Хафнера можно объяснить очень большой массой лопастей и, возможно, ветреной погодой. Д. Картер построил с такой втулкой CGD/T с высотой прыжка до 50 метров. Правда, прыжок выполнялся при встречном ветре 6 метров в секунду и на лопастях висели грузы, для увеличения запаса энергии ротора при его раскрутке.

5. Втулки с полным автоматом перекоса Юрьева сложны в изготовлении, т. к. для автомата перекоса требуются детали, изготовленные с прецизионной точностью. При управлении циклическим шагом ухудшается аэродинамика автожира.

6. Д. Дегро и Э. Бойетт построили автожир Lfino с большой взлетной массой, значит для достижения достаточной высоты прыжка им пришлось утяжелить лопасти. Ухудшение летно-технических характеристик пришлось компенсировать установкой системы подкрутки лопастей в полете. Она неизбежно вызвала вращение корпуса, пришлось увеличить вертикальное оперение.

7. Втулки с половинкой автомата перекоса, расположенной под лопастями - наиболее перспективный тип втулок несущего винта автожира. Они позволяют управлять общим шагом и, значит, выполнять взлет с места, количество деталей в них мало, они не требуют высокой точности изготовления, прокладка трасс управления для них наиболее проста. Втулки с половинкой автомата перекоса позволяют выполнять прыжковый взлет и вертикальную посадку, достаточно просты в изготовлении.

Анализируя энергетическую модель прыжка, легко понять, что более тяжелый ротор с длинными лопастями может запасти больше кинетической энергии и высота прыжка станет больше. Во время полета и посадки тяжелые и длинные лопасти вредны, они снижают аэродинамическое качество. Компромисс, предложенный Д. Лайшманом, - высота прыжка должна составлять 10 метров.

## 5.9. Источники

1. Автожиры Игоря Бенсена. Часть 2(Сайт:<http://www.lightwings.org.ua/sobytiya/avtozhiry-igorya-bensena-chast-2.html>, дата25-05-2012)
2. Жабров А.А. Автожир и вертолет, М.-Л.: Издательство ЦС Осоавиахима, 1939, 149 с.
3. Камов Н. И. Винтовые летательные аппараты. – М.: Оборонгиз, 1948. – 207 с.
4. История конструкций самолетов в СССР 1951-1965гг. Глава 13. Винтокрылые летательные аппараты других ОКБ, учебных институтов и авиаконструкторов-любителей (сайт <http://www.airwar.ru/other/shawrov/htmls/glava13.html>, дата: 26-05-2012)
5. Автожир МАИ-205 (сайт: <http://www.airwar.ru/enc/la/a250.html> дата: 18-05-2012)
6. Половинкин Б. Автожир 5-го поколения (сайт <http://www.aviajournal.com/arhiv/2006/06/07.html>, дата 26-05-2012)
7. Патент RU № 2313473 МПК В64С 27/02 опубл. 27.12.2007
8. CarterГуго взлетает вертикально. Источник: КРЫЛЬЯ (сайт [http://www.wing.com.ua/index.php?option=com\\_rd\\_rss&id=1](http://www.wing.com.ua/index.php?option=com_rd_rss&id=1), дата:12.01.07 )
9. Air & Space 18A Википедия (сайт: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Air\\_%26\\_Space\\_18A](http://ru.wikipedia.org/wiki/Air_%26_Space_18A), дата 18-06-2012)
10. Ружицкий Е. И. Безаэродромная авиация М Оборонгиз 1959 - 172с., ил.

## **6. Шасси автожиров с прыжковым взлетом**

### **6.1. Шасси как элемент конструкции**

Шасси - важный элемент конструкции. Определение. Шасси летательного аппарата – опорное устройство ЛА, необходимое для стоянки и передвижения на земле, разбега при взлёте, смягчения ударов в момент приземления, пробега и торможения при посадке.

У современных автожиров чаще всего используются трех точечные шасси с носовой опорой. Различия сводятся к диаметру колес и типам рессор.

Для автожиров с прыжковым взлетом открывается возможность скопировать у легких и сверхлегких вертолетов саночные шасси. Использование таких шасси на автожирах с прыжковым взлетом также возможно.

При конструировании шасси необходимо

- 1) рассмотреть шасси ранее строившихся ЛА;
- 2) выбрать схему;
- 3) оценить параметры;
- 4) рассчитать колею и базу;
- 5) задать форму рессор;
- 6) определить параметры колес (если они есть).

В данной работе рассмотрены, как основные, первые четыре пункта.

### **6.2. Анализ опыта**

#### **6.2.1. Шасси самолётов**

Относительная масса Ш. – 3–5,5% взлётной массы ЛА и убывает, по мере роста последней. Ш. содержит амортизационные стойки с раскосами, крепящие их к фюзеляжу или крылу и колёса с пневматическими шинами, снабжённые тормозами. На некоторых

самолетах Ш. убираются в полёте, что позволяет увеличить скорость самолётов. Наиболее безопасным считается трех точечное Ш., когда главные стойки располагаются за центром тяжести самолёта, а третья опора поддерживает носовую часть. В таких конструкциях на основные стойки приходится 85 % всей массы самолёта, а при посадке на них давит вся масса летательного аппарата. Поэтому их прочности, надёжности и амортизационной способности уделяется особое внимание.

Наиболее распространены колёсные Ш. Однако для расширения условий базирования могут применяться Ш. с меньшей удельной нагрузкой на поверхность. Экспериментальную проверку проходило гусеничное Ш., а также шасси на воздушной подушке. На гидросамолёте функции Ш. выполняют поплавки или корпус-лодка.

Устойчивость самолёта при разбеге, пробеге и на стоянке обеспечивается надлежащим выбором базы шасси и колеи шасси. Классификация конструкций опор и стоек Ш. может быть выполнена по следующим признакам:

- по характеру восприятия нагрузок – ферменная, балочная консольная, балочная подкосная, ферменно-балочная;
- по расположению амортизатора относительно стойки – телескопические стойки со встроенным амортизатором и жёсткие стойки с вынесенным амортизатором;
- по типу крепления колёс к стойкам различают Ш. с непосредственным креплением оси колеса к штоку амортизатора и с рычажной подвеской колес.

Ш. может быть убирающимся и неубирающимся [5].

### **6.2.2. Шасси вертолетов**

Ш. вертолёта выполняет те же функции, что и Ш. самолёта. Схемы и конструкции опор, амортизаторов и узлов Ш. в основном аналогичны самолётным. Однако существует и некоторое отличие. Для предохранения хвостовой балки и рулевого винта от повреждений при посадке на вертолётах устанавливается хвостовая

опора. В конструкции амортизаторов основных опор предусматриваются устройства, устраняющие явление «земного резонанса». На лёгких вертолётах, которые совершают взлёты и посадки только «по вертолётному» (то есть без разбега), могут устанавливаться ползковые Ш. (как с амортизаторами, так и без них). При отсутствии амортизаторов кинетическая энергия во время посадки поглощается благодаря упругим деформациям элементов Ш. С учётом того что вертолёты эксплуатируются на неподготовленных посадочных площадках с низкой прочностью грунта, Ш. должно обеспечивать низкое давление на грунт. Для посадки на воду на вертолётах устанавливаются так называемые баллонеты, которые надуваются бортовыми эжекторными устройствами [5].

Иногда на вертолет устанавливается комбинированное шасси, например, колесное с надувными (при необходимости) баллонами. Для восприятия нагрузок, действующих на вертолет при посадке и передвижении по земле (например, энергии удара при приземлении), шасси кроме колес снабжается амортизаторами. Амортизаторы поглощают кинетическую энергию движущегося вертолета, превращая ее в работу сил обжатия амортизационных стоек. Пневматики колес при их обжатии также (хотя и незначительно) поглощают энергию удара.

Основной схемой шасси на современных вертолетах является колесное шасси с передней носовой стойкой или двумя передними стойками. Эта схема обеспечивает вертолету хорошую путевую устойчивость при разбеге и пробеге, а также наиболее простую и безопасную посадку в условиях плохой видимости и на неподготовленные площадки. При этом обычно устанавливается также хвостовая опора для предохранения рулевого винта от удара о землю в случае неправильной или грубой посадки. Иногда на вертолетах имеется не одна, а две носовые стойки, например, на Ми-4 и Ми-10. Основным преимуществом колесного шасси перед ползковым является обеспечение возможности движения вертолета по земле с достаточно большими скоростями (до 80 км/ч), что позволяет при необходимости выполнять взлет и посадку по-самолетному.

Ползковое шасси проще и имеет меньшую массу, чем колесное. Амортизация в нем осуществляется за счет изгиба самой конструкции шасси, выполняющей роль рессор. Для перемещения вертолета по земле на ползках устанавливаются небольшие колеса. С помощью кривошипа их можно опустить ниже уровня полза, что позволяет передвигать вертолет по земле.

Поплавковое шасси обеспечивает посадку вертолета на воду (и на землю) и удержание его на плаву. Ползковое и поплавокное шасси применяются в основном на некоторых легких вертолетах. В полете неубирающиеся стойки и колеса (поплавки) шасси испытывают значительные силы сопротивления воздуха, особенно при полете на больших скоростях. Сопротивление неубирающегося шасси может составлять до 30 - 40% всей силы лобового сопротивления несущих частей вертолета. Известно, что мощность, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления воздуха, возрастает пропорционально скорости полета вертолета в третьей степени. Поэтому с увеличением скорости полета все более настоятельной становится задача уборки шасси в полете.

Убирающееся шасси получается тяжелее, чем неубирающееся. Если мощность, затрачиваемая на преодоление сил аэродинамического сопротивления неубирающегося шасси, больше мощности, потребной для перевозки дополнительной массы системы уборки шасси, то уборка шасси в полете целесообразна. Обычно такие условия создаются при скоростях полета более 250 км/ч.[1].

На некоторых вертолетах применяют комбинированное шасси. Например, на вертолете-амфибии взлетно-посадочным устройством является лодка в сочетании с колесным шасси, а на колесное шасси корабельного вертолета устанавливают баллонеты для выполнения аварийной посадки на воду. На большинстве вертолетов используют колесное и ползковое шасси. Колесное шасси применяют для вертолетов всех весовых категорий. Ползковое шасси имеет более простую конструкцию, меньшую массу и аэродинамическое сопротивление.

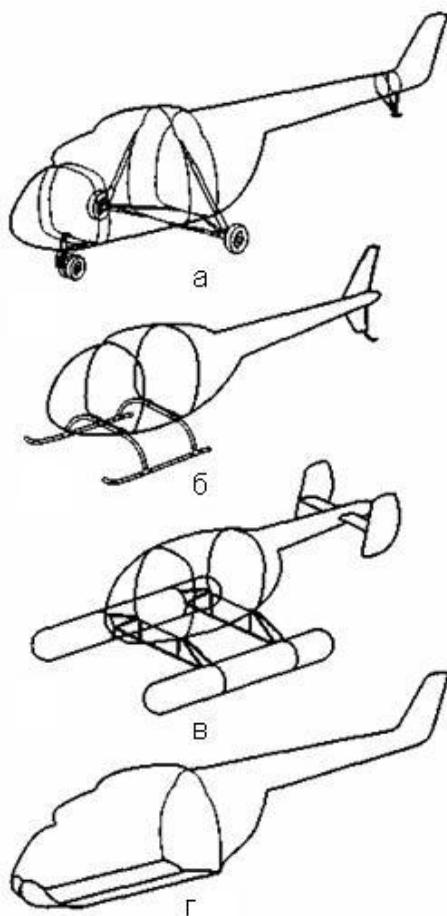


Рис. 6.1. Основные типы шасси (а – колесное; б – полозковое; в – поплавковое; г – лодка).

Почти все летательные аппараты имеют трехопорное или лыжное шасси. Ранцевые машины для упрощения конструкции и улучшения массовых характеристик могут иметь трех опорное стоечное Ш. Для уменьшения давления на грунт в этом случае каждая стойка снабжается подпятником площадью 100 квадратных сантиметров.



Рис. 6.2. Hiller ROE-1

Для посадок на неподготовленные площадки каждая стойка должна выдерживать ударную нагрузку до 3G.

## 6.2.3. Шасси автожиров

### 6.2.3.1. Виропланер

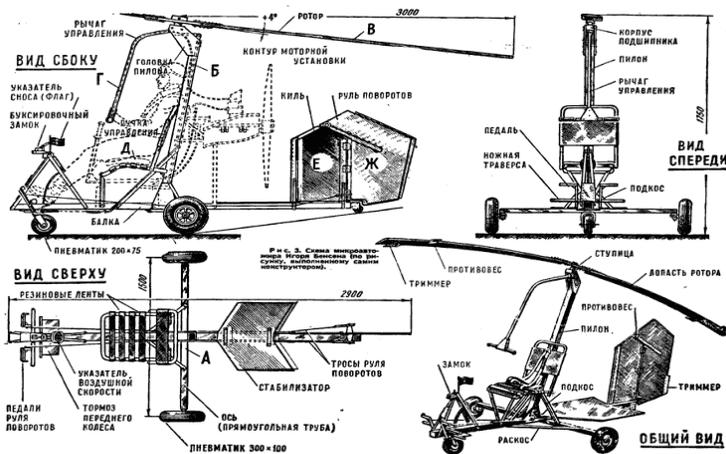


Рис. 6.3. Чертежи виропланера

Достоинства Ш.: доступные материалы, простота изготовления.

Недостатки: безопасны только на бетонке (кочки ведут к перевороту), при жесткой посадке можно сломать позвоночник (амортизация слабая).

### 6.2.3.2. Автожир "Друг WA1-5"



Рис. 6.4. Автожир Друг

На снимке видна конструкция шасси. Виден и ее основной недостаток: при встрече с холмиком во время разбега при взлете или пробега при посадке неизбежно опрокидывание аппарата. Как известно, при посадке автожир обычно касается земли задними колесами и лишь затем передним. Низко опущенный хвост аппарата требует от пилота большой аккуратности при выполнении этого маневра. Конструктивное решение проблемы заключено в отгибе продольной балки вверх за вертикальной мачтой хотя бы градусов на 30. Если угол между трубами шасси также уменьшить с почти 180 градусов до 150, например, появится возможность объезжать некоторые препятствия. Однако, если одно из задних

колес наедет на холмик или попадет в ямку, то опрокидывания аппарата трудно будет избежать.

### 6.2.3.3. АМ-1

Автожир АМ-1, выпускаемый ООО Аэромеханика, имеет телескопическое шасси, которое может выдвигаться или утапливаться на расстояние до 50 сантиметров, в зависимости от условий на взлетно-посадочной полосе, которая может быть абсолютно неподготовленной и иметь различные кочки и ямки.

В гидравлическую систему амортизатора через специальный штуцер закачиваются масло и воздух. Можно самостоятельно менять жесткость амортизаторов в зависимости от необходимых условий взлета и посадки.

Обратим внимание на наличие небольшого колеса под килем. Подчеркнем, что при посадке автожир всегда опускается сначала на задние колеса и уже потом земли касается переднее колесо. Поэтому гидравлическими амортизаторами снабжены лишь задние колеса, а переднее их не имеет.



Рис.6.5. Автожир АМ-1

Достоинства Ш.: 1)ход амортизатора до 0,5 м, 2) можно менять жесткость амортизаторов.

Недостатки: 1) если усилие даже небольшое, не совпало с направлением стойки, то амортизация ухудшается и амортизатор может даже заклинить; 2)шасси дорогое; 3) шасси тяжелое.

## **6.2.4. Шасси автожиров с прыжковым взлетом**

### **6.2.4.1. Aisa GN**

Шасси: трехколесное, неубирающегося типа, имеющее на каждом колесе амортизатор масляно-пневматический Aisa. Все три колеса и шины фирмы «Гудьир». Переднее колесо управляемое педалями. На основных колесах находятся тормоза системы «Гудьир». Внизу каждой хвостовой балки установлен костыль.



Рис. 6.6. Автожир Aisa GN

### **6.2.4.2. А-002**

Шасси автожира А-002 – трехколесное с носовым колесом. Опоры шасси имеют пластинчатую резиновую амортизацию. Носовая стойка управляемая. Колеса основных опор с гидравлическими дисковыми тормозами. На хвостовой балке установлен титановый костыль, служащий для предотвращения удара балкой о ВПП на взлете и посадке.



Рис. 6.7. Автожир А-002

### 6.2.4.3. АС-35

Могут отключаться одновременно пропеллер и ротор, а мотор использоваться для привода заднего колеса. При сложенных назад лопастях ротора, АС-35 может самостоятельно передвигаться по дорогам за счет использования пилотом педалей для управления передними колесами.



Рис. 6.8. Автожир АС-35

#### 6.2.4.4. We-04

Шасси трехколесное, неубирающееся, с управляемым носовым колесом, а также небольшим дутиком под хвостовой балкой.



Рис. 6.9. Автожир We-04

#### 6.2.4.5. МАИ-205

**Шасси** – трех опорное. Стойки основных опор – рессорного типа, рессоры выполнены из титанового сплава. Колеса основных опор с шинами 300×125 – тормозные. Тормозная система – гидравлическая. Передняя опора шасси – с рычажной подвеской колеса и пружинным амортизатором. Переднее колесо с шиной 300×125 управляется непосредственно от педалей. Колея шасси составляет 1,52 м. База шасси составляет 1,81 м.



Рис. 6.10. Автожир МАИ-205

#### **6.2.4.6. Викта**

Шасси: Неубирающееся трехколесное. Основные колеса - на поперечных рессорах. Носовое колесо - с масляно-пневматическим амортизатором Викта. Все колеса размером 5,00x5 дюймов. Колея шасси составляет 3,05 м, база – 2,26 м.

#### **6.2.4.7. CarterGyro**

Новый прототип автожира назван CarterGyro Demonstrator/Trainer (CGD/Т или CarterGyro). К нему добавлено новое запатентованное шасси. Шасси имеет ход в 35 сантиметров и способно выдерживать удар при посадке в 6 G.

### **6.3. Выбор схемы**

По числу опорных точек можно выделить следующие схемы шасси:

- а) трех точечная с носовой опорой,

б) четырех точечная с носовой опорой и дополнительным задним колесом;

в) ползковая;

г) трех точечная с хвостовой опорой (или костылем).

У обычных автожиров распространены схемы а и б. Схема в почти повсеместно используется на сверхлегких вертолетах. Последняя схема ранее широко использовалась, сейчас считается устаревшей, однако встречается на автожирах с тянущим винтом.

Классификация конструкций опор и стоек Ш. может быть выполнена по следующим признакам:

- по характеру восприятия нагрузок – ферменная, балочная консольная, балочная подкосная, ферменно-балочная;

- по расположению амортизатора относительно стойки – телескопические стойки со встроенным амортизатором и жёсткие стойки с вынесенным амортизатором;

- по типу крепления колёс к стойкам различают Ш. с непосредственным креплением оси колеса к штоку амортизатора и с рычажной подвеской колес.

Ш. может быть убирающимся и неубирающимся [5].

Кроме количества опорных точек важным моментом является форма рессор. Особенно разнообразны рессоры задних колес.

#### **6.4. Оценка параметров**

Относительная масса Ш. – 3–5,5% взлётной массы ЛА и убывает, по мере роста последней. Желательно, чтобы нагрузка, приходящаяся на переднюю опору, лежала между 10 и 15% взлётной массы, отсюда вынос основных опор за ЦМ. При меньших - хуже управляемость с помощью поворота переднего колеса, при больших – трудно оторвать переднюю стойку при взлете.

При полностью обжатой амортизации величина зазора между элементами конструкции и землей должна быть не менее 150...200 мм. Соблюдение этого важного правила на ЛА с небольшой взлётной массой приводит к некоторой «ходульности» шасси, но для облегчения эксплуатации приходится жертвовать эстетикой.

Статистика показывает, что при малых размерах шасси ЛА получается низеньким, расстояния от земли до винта, «живота» - малы, и случайные кочки, кустики и другие помехи, в изобилии встречающиеся на импровизированных любительских аэродромах, становятся опасными.

С точки зрения эксплуатационной и ремонтной пригодности для полетов, производимых неопытными пилотами и учениками с неподготовленных площадок, лучше всего подходят шасси с носовой стойкой, крупными колесами и удаленным от земли винтом.

При движении реактивный момент винта, боковой ветер, неровности аэродрома вызывают разворот автожира вокруг центра масс, а образующиеся при этом на основных стойках силы трения создают относительно ЦМ дестабилизирующий момент, который стремится еще более развернуть автожир. Явление «циркуля», когда ЛА чертит хвостом фигуру, близкую к окружности, на машинах без тормозов наблюдалось довольно часто. Оно сопровождалось сносом шасси, винта, поломкой костыля и другими неприятностями.

Ползковое шасси проще и имеет меньшую массу, чем колесное. Амортизация в нем осуществляется за счет изгиба самой конструкции шасси, выполняющей роль рессор. Для перемещения ЛА по земле на ползках устанавливаются небольшие колеса. С помощью кривошипа их можно опустить ниже уровня полоза, что позволяет передвигать ЛА по земле.

Ползковые Ш. могут быть с амортизаторами и без них. При отсутствии амортизаторов кинетическая энергия во время посадки поглощается благодаря упругим деформациям элементов Ш. С учётом того что автожиры с прыжковым взлетом могут эксплуатироваться на неподготовленных посадочных площадках с низкой прочностью грунта, Ш. должно обеспечивать низкое давление на грунт. Для посадки на воду на автожирах устанавливаются поплавки. Могут также использоваться баллонеты, которые надуваются бортовыми эжекторными устройствами [5].

Уборка шасси становится выгодной при скоростях выше 250 км/ч [1].

### 6.5. Колея и база

При раскрутке и остановке ротора иногда происходят перевороты автожиров. Очевидно, что если разнести колеса от проекции центра масс аппарата по вершинам равностороннего треугольника на расстояние радиусов НВ, то переворот аппарата при нормальных метеоусловиях будет маловероятен. В реальных аппаратах для достижения большей устойчивости стараются сделать колею возможно более широкой.

Считая реальные аппараты достаточно устойчивыми, дадим оценку ширины колеи по методу подобия. Рассчитаем коэффициент К

$$K=L/D,$$

где

L - ширина колеи,

D - диаметр НВ.

#### Определение ширины колеи

Таблица 6.1

Модель автожира	D	L	K
АМ-1	8.53	1.67	0.20
Ворон 01	9.15	1.9	0.21
А-002	9,68	2,4	0.25
Спринтер	8.7	1.8	0.21
Авиан	11,28	2,44	0,22
Aisa GN	12,00	2,67	0,22
Sara-3	10,50	2,15	0,20
Vikta	8,23	3,05	0,37

**Вывод:** на основании имеющегося опыта ширина колеи должна составлять 22% от диаметра несущего винта.

База одноместного автожира должна примерно соответствовать колее, для более тяжелых автожиров она должна быть больше колеи.

## **6.6. Выработка требований к шасси**

Ниже сформулированы опыт и требования к создаваемым шасси автожиров с прыжковым взлетом.

Масса шасси не должна превышать 3 – 3,5 % от взлетной массы.

Использование ползкового шасси на автожирах с прыжковым взлетом возможно и выгодно. Но на практике оно пока не применяется. Трехопорное шасси без колес также не применяется.

Применение убирающегося шасси не обнаружено.

Наиболее часто используются четырехточечная схема шасси с носовым колесом и костылем или дутиком сзади под оперением. Если килей несколько, то костыль ставится под каждый. Основные стойки имеют масляно-пневматические амортизаторы и режессоры. Ход амортизаторов может достигать 0,35 м и даже 0,5 м. Основные стойки чаще снабжаются тормозами.

Передняя стойка обычно управляемая. На нее приходится 10 – 15% взлетной массы ЛА.

Шасси должно обеспечивать выполнение требования о минимальном расстоянии между землей и элементами конструкции в 150 – 200 мм.

Колея обычно составляет 20 % от диаметра несущего винта. База больше колеи и тем больше, чем больше взлетная масса ЛА.

Встречаются автожиры с поплавковым шасси.

Любая стойка шасси автожиров с прыжковым взлетом должна выдерживать тройную и даже шестикратную ударную нагрузку.

## 6.7. Источники

1. Статья Типы и виды взлетно-посадочных устройств (шасси) вертолетов с сайта <http://weaponscollection.com/22/883-tipy-i-vidy-vzletno-posadochnyh-ustroystv-shassi-vertoletov.html> скачано 13-03-2013

2. Статья Дорфман Г. Поговорим о шасси изд-во КР. 11-12/1994. 7с.

с сайта [http://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=%D0%B4%D0%BE%D1%80%D1%84%D0%BC%D0%B0%D0%BD%20%D0%B3.%20%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BC%20%D0%BE%20%D1%88%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8&source=web&cd=10&sqi=2&ved=0CGMQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.avia-master.ru%2Fzipfiles%2Fshassi.pdf&ei=s0FJUd6iJoyM4g\\_T2moCoBA&usg=AFQjCNFgcJbbNpvv5exTE49j-VikG1Tpw&bvm=bv.44011176,d.bGE&cad=rjt](http://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=%D0%B4%D0%BE%D1%80%D1%84%D0%BC%D0%B0%D0%BD%20%D0%B3.%20%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BC%20%D0%BE%20%D1%88%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8&source=web&cd=10&sqi=2&ved=0CGMQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.avia-master.ru%2Fzipfiles%2Fshassi.pdf&ei=s0FJUd6iJoyM4g_T2moCoBA&usg=AFQjCNFgcJbbNpvv5exTE49j-VikG1Tpw&bvm=bv.44011176,d.bGE&cad=rjt) скачано 20-03-2013

3. Козярчук Л. Автожиры и вертолеты 1944-2002. Каталог конструкций (2-е изд.)-Луцк: Вежа-Друк, 2013-450с.

4. Статья Автожиры как вид транспорта Солодников И., Торошин А., Карлов А. Авиация общего назначения 2010'07

5. Статья Шасси с сайта [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_tech/1379/%D1%88%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_tech/1379/%D1%88%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8)

Скачано 14-03-2013

6. Статья Автожиры с прыжковым взлетом Солодников И., Ваньков А., Козярчук Л. Авиация общего назначения 2013'01

7. Статья Втулки несущего винта автожира Солодников И., Гимазов В., Хомутов Г. Авиация общего назначения 2012 № 9, 10, 11

8. Статья о возможности прыжкового взлета автожира Краснянская О., Молчанов В., Репях Н. Вестник ПГУ 2011'1.

## Крылья человечества

Летательные аппараты конкурируют между собой за место в небе. Автожиры сегодня проигрывают эту битву, их пространство сегодня невелико. Строят их, в основном, любители и летают они же. Однако в этом же заключен заряд большой силы. Конструкция автожира настолько примитивна, что человек, немного понимающий в авиационном производстве, часто без хорошего оборудования, способен построить такой летательный аппарат, что на нем можно будет летать, причем это доказывали тысячи людей в разных странах много десятилетий. В отличие от любительских самолетов, широко распространилась практика изготовления автожиров из КИТ-наборов. Из этого следует, что летает автожир лучше, чем самолет, ведь человек, сделавший машину по чертежам из доступных ему материалов, будет все же лучше представлять ее поведение в небе, чем тот, кто собрал свой аппарат из готового конструктора. Это подтверждают и пилоты, которые говорят, что только на автожире можно надолго бросать ручку управления. Вторит им и аэродинамика, согласно которой, автожир устойчивее к порывам ветра, чем самолет, ведь вращающееся крыло движется навстречу воздушному потоку быстрее, чем неподвижное.

Вертолеты могут взлетать с места, в этом их большое преимущество, за которое им прощают большой расход топлива, и даже неустойчивость в полете. Самолетам и автожирам нужна большая или меньшая площадка для разбега при взлете и пробега при посадке, хотя в полете они устойчивее вертолета.

У автожиров есть еще один, присущий только им недостаток – они никогда не смогут стать большими. Более того, чем меньше масса лопастей автожира, тем более слабый встречный поток воздуха сможет их вращать, тем лучше он летает на малых высотах.

Современные материалы и технологии позволяют создать очень дешевый и хорошо летающий автожир, которому для взлета и посадки хватит вертолетной площадки. На скоростях свыше двухсот километров в час график расхода топлива у них будет от

соизмеримого с вертолетным все более прижиматься к самолетному.

Бурное развитие компьютеров и расширяющееся использование контроллеров, размеры и масса которых все уменьшаются, позволяют надеяться на создание в скором времени надежных систем управления беспилотными летательными аппаратами. Одноместный автожир с такой системой управления станет лучшим средством передвижения человека по планете.

Науково-популярне видання

**Солодников** Игорь Борисович

# **Тайна автожира**

*Монография*

Печатается в авторской редакции

Дизайн обложки *Сергея Арасланова, Ирины Малиневской*  
Компьютерная верстка *Леонида Козярчука*  
Технический редактор *Иванна Захарчук*

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Обсяг 10,46 ум. друк. арк., 10,33 обл.-вид. арк.  
Наклад 300 пр. Зам. 114. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк  
(м. Луцьк, вул. Бойка, 1, тел. (0332) 29-90-65).  
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України  
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.