

## ТИПЫ ВТУЛОК НЕСУЩЕГО ВИНТА СОВРЕМЕННЫХ АВТОЖИРОВ

И.Б. Солодников, кандидат технических наук, генеральный директор ООО «Куперфлай»

В.Г. Гимазов, инженер-технолог, ОАО «Пермский завод Машиностроитель»

Г.Д. Хомутов, главный конструктор ООО «Куперфлай»

Бум строительства автожиров начался в России в 1998 году, за 15 лет в стране появилось около сотни различных конструкций. Особенно перспективны автожиры с прыжковым взлетом, способные использовать для взлета и посадки вертолетную площадку. В данной работе предложена классификация втулок несущего винта автожиров и в соответствии с ней рассмотрены лучшие современные мировые образцы, оснащенные втулками несущего винта различной конструкции. Показано, что в создании хорошего автожира с прыжковым взлетом важную роль играет совершенствование конструкции лопастей несущего винта.

### ВВЕДЕНИЕ

Автожиры – давно известные, но многими забытые летательные аппараты (ЛА). Они были отвергнуты военными всех развитых стран после Второй мировой войны как непригодные к использованию в качестве оружия. В мировой статистике летательных аппаратов не нашлось для них отдельной строки, и в дальнейшем 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. Автожиры с

прыжковым взлетом не зависают в воздухе, подобно вертолету, но они не нуждаются в аэродромах и устойчивы в полете [5]. Первый автожир с прыжковым взлетом С-30Р был представлен на всеобщее обозрение Х. Сьервой в 1936 году. Уже через год в различных странах мира появились десятки конструкций, однако в 50-х годах И. Бенсен решил производить массово в Соединенных Штатах автожир, взлетающий с разбегом. С тех пор прошло 50 лет, и 99 % автожиров летают с втулкой несущего винта, сконструированной И. Бенсеном. При этом летало немало автожиров с различными конструкциями втулок несущего винта, позволяющими выполнять прыжковый взлет.

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) «звездочка»;

- 3) с автоматом перекоса Юрьева;
- 4) с половинкой автомата перекоса и тарелкой под лопастями;
- 5) с половинкой автомата перекоса и коромыслом над лопастями.

В 30-х годах двадцатого века существовала еще автодинамическая втулка, предложенная изобретателем автожиров Х. Сьервой. Это была втулка с горизонтальными и вертикальными шарнирами. Особенность установки вертикальных шарниров состояла в том, что они отклонялись от вертикали наружу на  $10^\circ$ . Такого небольшого конструктивного изменения оказалось достаточно, чтобы автожиры смогли прыгать на 5–7 м. Однако позже из-за ряда технических недостатков такая втулка несущего винта была признана неперспективной и на современные автожиры не устанавливается.

Рассматривая втулки несущих винтов,

необходимо рассказать и об автожирах, на которых эти втулки были установлены:

- 1) В-8М (конструктор И. Бенсен, США, 1964);
- 2) CGD/T (конструктор Д. Картер, США, 2005);
- 3) P-14М (конструктор В. Хрибков, Россия, 1999), Lfno (конструкторы Э. Бойетт и Д. Дегро, США, 2005), Air & Space 18A (конструктор Г. Девор, США, 1965);
- 4) автожиров с такой втулкой несущего винта нам найти не удалось;
- 5) 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.

## 1. ВТУЛКА С ФИКСИРОВАННЫМ ШАГОМ

### 1.1. АВТОЖИРЫ И. БЕНСЕНА В-8М

Наиболее интересной конструкцией компании был В-8М, оснащенный 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].

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 нем можно было самостоятельно [1].

На самолете для управления аппаратом используют рули высоты, руль поворота и элероны. Отклонением их в нужную сторону осуществляются любые эволюции. Автожирам такие рули не нужны, так как 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.

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

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

Для изменения наклона оси ротора на 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  $12^\circ$  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,



Рис. 1. Bensen B-8M

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].

### 1.2. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА АВТОЖИРОВ БЕНСЕНА

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 с. Вертолетная втулка была сложной в изготовлении и доро-

гой, 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 % автожиров, построенных после первого полета В7, летают с втулками несущего винта, спроектированными И. Бенсеном. Отметим, что созданные к настоящему времени системы предварительной раскрутки ротора, используемые для сокращения длины разбега автожира, весьма разнообразны.

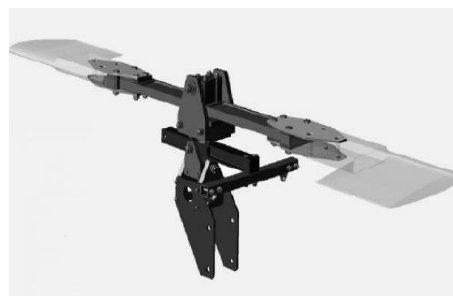


Рис. 2. Втулка современного автожира



Рис. 3. Система гидравлической предварительной раскрутки

## 2. «ЗВЕЗДОЧКА»

### 2.1. АВТОЖИР 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 м вертикально вверх. Автожир не похож на обычный. Индикатор перегрузки пока-

зывает 2,25 G при взлете. Такие результаты были показаны благодаря новой роторной системе, разработанной Carter Aviation.

**Летно-технические характеристики  
(по данным фирмы):**

Диаметр несущего винта, м	7,92
Индикатор перегрузки при взлете, G	2,25
Ход шасси, м	0,35
Максимальные обороты ротора при взлете, об/мин	670
Высота вертикального прыжка, м	50
Мощность двигателя, л. с.	60
Диаметр маршевого винта, м	1,5
Тяга маршевого винта, кг	130

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 она была прервана всего в 30 см от земли. Маневр был выполнен успешно. Затем обороты ротора были доведены до 490, именно после этого угол подъема на высоту 50 м стал практически вертикальным. Если во время вертикального взлета автожир двигался вперед, он набирал высоту более 100 м, 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 (набор деталей для самостоятельной постройки) 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 см и способно выдерживать удар при посадке в 6 G.

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

Ротор имеет диаметр 7,92 м. Для повы-



Рис. 4. Один из экспериментальных образцов CGD/T

шения безопасности был разработан специальный механический регулятор шага. Для подтормаживания очень инерционного ротора используется специальный тормоз.

Carter был очень доволен результатами испытаний. Требуемые часы испытаний после того, как были внесены изменения в ротор, были проведены, но работа над безопасностью и управляемостью системы продолжалась. Предстоит еще добавить некоторые опции, такие как электростартер, но CGD/T уже демонстрирует себя как профессиональный аппарат. У фирмы есть автожир, который может вертикально взлететь, пролететь 200 миль и затем безопасно сесть, взлететь со стоянки грузовиков для дозаправки, обеда или отдыха. CGD/T представляет собой мини-ПАМ (Персональный аэромобиль) [7].

**2.2. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА  
АВТОЖИРА CGD/T**

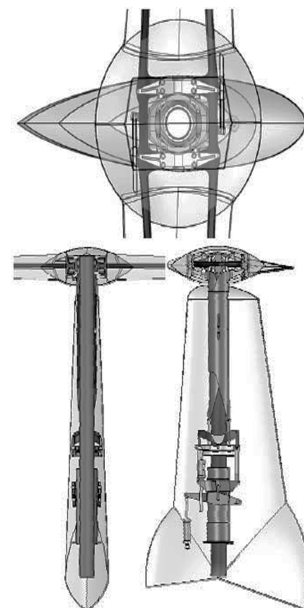


Рис. 5. Втулка несущего винта CGD/T

Втулка типа «звездочка». Торсион выполнен в форме блина, имеется управление общим и циклическим шагом. Автомат перекоса расположен под лопастями, коромысло, к которому присоединены по-

водки, размещено выше лопастей. Система раскрутки лопастей механическая. Из видеоматериалов видно, как при подъеме коромысла крышка приоткрывается [4].

### 3. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА С АВТОМАТОМ ПЕРЕКОСА ЮРЬЕВА

#### 3.1. АВТОЖИР P-14M



Рис. 6. Автожир P-14M

#### Летно-технические характеристики автожира P-14M (г. Кумертау, 1997):

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 РМЗ-650»	
Мощность двигателя, л.с.	28
Статическая тяга винта, кгс	100
Скорость полета, км/ч	45–120

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

#### 3.2. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА АВТОЖИРА P-14M

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

#### 3.3. 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. Это оказалось 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 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 недоста-

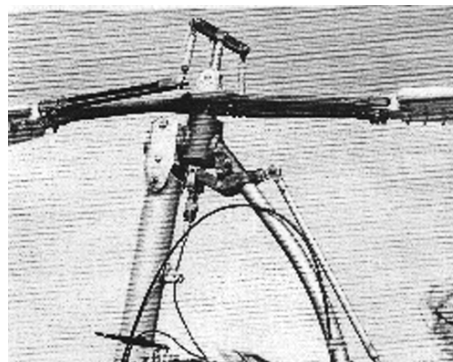


Рис. 7. Втулка несущего винта автожира P-14M



Рис. 8. Автожир Lfino

точно эффективно гасило вращение корпуса автожира в полете. Новый флоридский автожир проходит летные испытания. Все ЛТХ до сих пор засекречены [8].

### 3.4. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА АВТОЖИРА LFINO

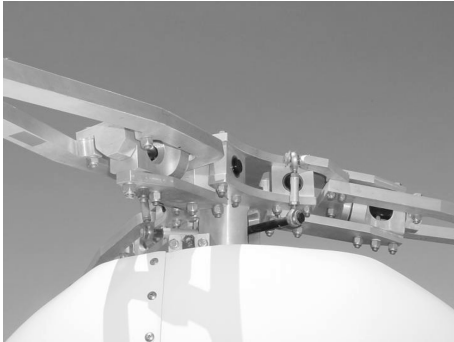


Рис. 9. Втулка несущего винта Lfino

Втулка содержит узлы управления общим и циклическим шагом. Автомат перекося находится под лопастями. В полете вал ротора соединен с двигателем и расходует от 5 до 15 % мощности силовой установки.

### 3.5. АВТОЖИР AIR & SPACE 18A

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

Разработка автожира была начата в 1957 году 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 Szymski Omega BS-12. Первый прототип, обозначенный Umbaugh U-17, был построен на заводе Fairchild Engine and Airplane Corporation и выполнил полет в августе 1959 года. В ходе испытаний обнаружались 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 до-

водку и серийное производство автожира под названием U-18, или «Flymobil».

Пять машин было построено на заводе «Fairchild» в 1960 году, в сентябре 1961 года 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 году фирма «Umbaugh Aircraft Corporation» прекратила существование, контракт с «Fairchild» был расторгнут.

Около ста дилеров «Umbaugh» выкупили активы компании и в 1964 году основали предприятие «Air and Space Manufacturing, Inc.» с целью возобновления производства автожира. В 1965 году был получен производственный сертификат на модель Air & Space Model 18A, которая была практически аналогична Umbaugh U-18. К концу 1965 года было выпущено и продано 68 автожиров, 14 были в стадии сборки, однако по ряду финансовых причин компания прекратила существование в 1966 году. Активы компании были на хранении до тех пор, пока в 80-х годах один из бывших дилеров (Don Farrington) снова не выкупил их. Смена владельцев продолжалась, в настоящий момент сертификатом 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 ра-



Рис. 10. Автожир Air & Space 18A

боту: их активы проданы с аукциона. Крупносерийное производство автожиров с 1965 года не возобновлялось.

Рассмотрим конструкцию автожира. Двухместный прыгающий автожир с толкающим винтом. Фюзеляж цельнометаллический полумонок, рама центральной секции сварная из стальных труб. Кабина закрытая двухместная, с tandemным расположением сидений, с двойным управлением. Хвостовое оперение с поворотным рулем направления. Шасси с управляемой носовой стойкой, возможно дифференци-

альное торможение основными колесами. Двигатель горизонтальный оппозитный карбюраторный Lycoming O-360-A1D мощностью 180 л.с.

### 3.6. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА АВТОЖИРА AIR & SPACE 18A

Несущий ротор – трехлопастный, крепление лопастей – трехшарнирное, с возможностью изменения общего шага и управлением циклическим шагом. Трансмиссия включает гидравлическую муфту для предварительной раскрутки ротора. При взлете ротор устанавливается на малый общий шаг и раскручивается до 370 об/мин (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 [6].

#### Летно-технические характеристики:

Длина, м	6,04
Высота, м	2,82
Диаметр несущего винта, м	10,67
Взлетный вес, кг	816
Максимальная скорость, км/ч	177
Практический потолок, м	3 658
Дальность полета, км	483

## 4. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА С ПОЛОВИНКОЙ АВТОМАТА ПЕРЕКОСА ЮРЬЕВА И ТАРЕЛКОЙ ПОД ЛОПАСТЯМИ

Данных о построенных и летавших автожирах с такими втулками несущего

винта нам найти не удалось.

## 5. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА С ПОЛОВИНКОЙ АВТОМАТА ПЕРЕКОСА И КОРОМЫСЛОМ НАД ЛОПАСТЯМИ

### 5.1. АВТОЖИР ПОЛО

В январе 2002 года, не имея опыта в автожироостроении, конструктор Б. Половинкин начал с изучения автожиров времен Сиервы 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. 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. Первый вариант автожира был оснащен двухлитровым двигателем Subaru.

В 2003 году конструктор Б. Половин-

кин 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 дельталета подсказывал конструктору, что пилотажный аппарат должен быть легким. По его мнению, летательные ап-

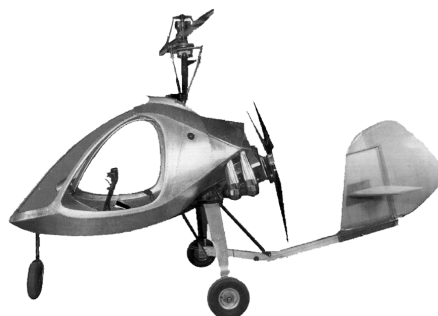


Рис. 11. Автожир Поло

параты 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, изготовленную из сплава АМГ-6. Сверху на раме расположен складывающийся без разборки пилон. Через пилон проходят карданный вал для раскрутки ротора, тяги управления втулкой, зафиксированные на качалках, и тяга управления шагом лопастей. Корпус ступицы головки ротора крепится к пилону посредством рамочного шарнира. 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 при помощи пальца 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 вала 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. Воздух протягивается маршевым винтом через радиатор и закрытый моторный отсек. Предусмотрена установка электровентилятора. Бензобак емкостью 45 л находится за спинами пилота и пассажира за непроницаемой перегородкой.

Вся кабина раскрыта 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 [3]. По словам автора, высота прыжка в одном из испытаний достигла 2 м. При каждой перестройке ЛТХ меняются. Цель – достичь большей высоты прыжка.

#### 5.2. ВТУЛКА НЕСУЩЕГО ВИНТА АВТОЖИРА ПОЛО

Согласно патенту RU № 2005057 МПК В64С 27/02, опубликованному 15.01.1994, 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 с внутренним полым неподвижным валом. Внутри вала расположен рычажный механизм управления, осуществ-



ляющий 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 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.

Конструктивно корпус ступицы головки ротора прикреплен к пилону с помощью рамочного шарнира. В этом корпусе установлен подшипник, через который проходит полый вал, внутри которого расположен 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.

Головка ротора автожира включает корпус ступицы 1 (рис. 12), прикрепленный к пилону 2 через рамочный шарнир 3. В корпусе ступицы установлен

подшипник (на рис. 12 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, установленном 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° 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°) склеиваются, после чего рассверливаются отверстия 22 для установки пластин 23 крепления лопастей 20 несущего

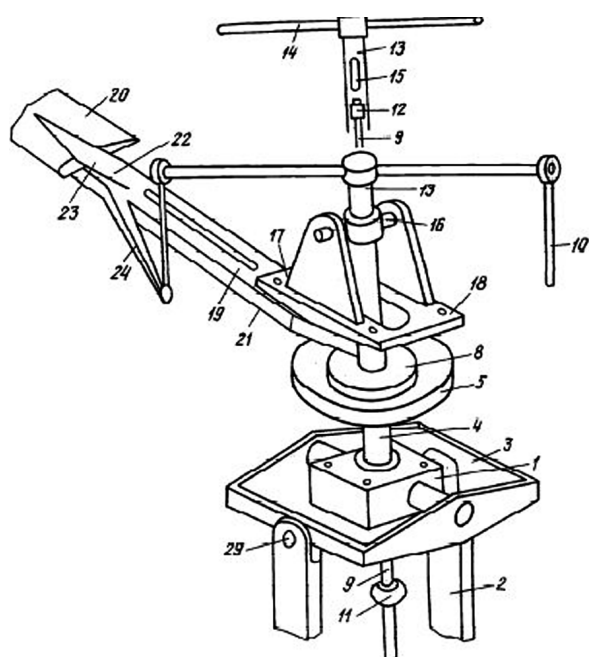


Рис. 12. Схема втулки НВ автожира Поло

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. 13 показан паз 26 для откидывающегося шарнира.

Использован механический привод раскрутки ротора. От шкива, установленного на редукторе двигателя автожира, 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

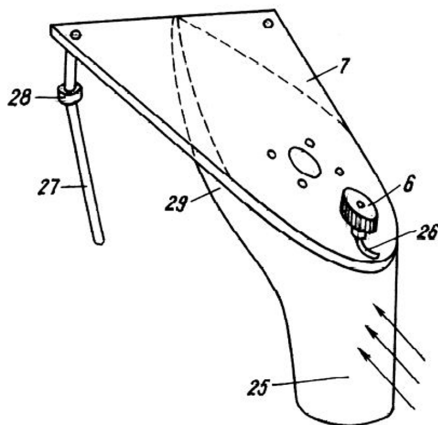


Рис. 13. Обтекатель втулки автожира Поло

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 [2].



Рис. 14. Фотография втулки НВ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Все описанные в статье втулки несущего винта, за исключением втулки Бенсена, функционально позволяют совершать прыжок, поскольку 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 м/с ротор раскручивается до оборотов, достаточных для взлета 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, так как не позволяет достичь безопасной высоты прыжка. При выполнении прыжка высотой до 5 м пилоты не всегда успевают

вовремя среагировать на окончание прыжка, так как он 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. Втулка «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 м. Правда, прыжок выполнялся при встречном ветре 6 м/с и на лопастях висели грузы для увеличения запаса энергии ротора при его раскрутке [4].

5. Втулки с полным автоматом перекоса Юрьева сложны в изготовлении, так как для автомата перекоса требуются детали, изготовленные с прецизионной точностью. При управлении циклическим шагом ухудшается аэродинамика автожира [8].

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 они решили компенсировать установкой системы подкрутки лопастей в полете. Она неизбежно вызвала вращение корпуса, что привело к увеличению площади вертикального оперения.

У автожира Air & Space 18A с аналогичной втулкой несущего винта, не имевшего подкрутки ротора в полете, возникли проблемы с курсовым управлением,

которые потребовали увеличения вертикального оперения, а позже – отказа от выполнения принятых заказов.

6. Втулки с половинкой автомата перекоса, расположенные 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 элементов управления для них наиболее проста.

7. Втулки с половинкой автомата перекоса и коромыслом над лопастями перспективны. Они позволяют выполнять прыжковый взлет и вертикальную посадку, достаточно просты в изготовлении.

8. 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 снижают аэродинамическое качество. Компромисс, предложенный Д. Лайшманом, – высота прыжка должна составлять около 10 м.

9. Ранцевый автожир с прыжковым взлетом будет безопасным транспортным средством для людей, не имеющих летной подготовки, если оснастить его современной системой управления, позволяющей нести пассажира в беспилотном режиме и регулировать нагрузки. Система управления должна компенсировать и недостатки ЛТХ. Низкая материалоемкость позволит довольствоваться малой мощностью двигателя, что приведет к технико-экономическим показателям, недостижимым для других типов летательных аппаратов.

#### Библиографический список

1. Автожиры Игоря Бенсена. Ч. 2 (<http://www.lightwings.org.ua/sobytiya/avtozhiry-igorya-bensena-chast-2.html>, 25.05.2012).
2. Патент RU № 2313473 МПК В64С 27/02. Оpubл. 27.12.2007.
3. Половинкин Б. Автожир 5-го поколения (<http://www.aviajournal.com/arhiv/2006/06/07.html>, 26.05.2012).
4. Релизы и видеоматериалы с сайта <http://www.cartercopters.com>, 03.08.2012.
5. Ружицкий Е.И. Безаэродромная авиация. – М.: Оборонгиз, 1959. – 172с.
6. Air & Space 18A Википедия ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Air\\_%26\\_Space\\_18A](http://ru.wikipedia.org/wiki/Air_%26_Space_18A), 18.06.2012).
7. CarterGyro взлетает вертикально // КРЫЛЬЯ ([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), 12.01.07).
8. L.F.I.N.O. на сайте <http://www.rotorflightdynamicsinc.com/lfino.html>, 28.06.2012.