

**ДИСКОВИДНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ-АМФИБИЯ****Воронков Ю.С., Воронков О.Ю., Ушаков А.П.***ОНТТЭ «Ювенал», Таганрог, e-mail: yuven@mail.ru*

Рассмотрена оригинальная дисковидная компоновка беспилотного летательного аппарата вертикального взлета и посадки. Ожидается, что подобные аппараты способны решать широкий круг различных практических задач, в число которых входят: воздушная разведка в реальном масштабе времени; идентификация целей; корректировка огня и целеуказания корабельной артиллерии; ретрансляция радиосигналов; радиоэлектронное противодействие; противолодочная оборона; оборона от противокорабельных ракет; поиск мин и т.д. Кроме задач в интересах обороны, такие аппараты способны решать гражданские задачи: наблюдение за морскими экономическими зонами; рыбопромысловая разведка; пресечение контрабандой деятельности; экологический мониторинг; доставка спасательных средств потерпевшим в зоны произошедших аварий и катастроф; взятие проб из водоемов и т.д.

**Ключевые слова:** поверхность «Коанда», центростремительное расширение воздушного потока, комбинированная силовая установка, центробежный вентилятор, ветроустойчивость

**DISCOID AIRCRAFT AMPHIBIOUS****Voronkov Y.S., Voronkov O.Y., Ushakov A.P.***ONTTE «Juvenal», Taganrog, e-mail: yuven@mail.ru*

An original layout discoid UAV vertical take-off and landing. It is expected that such devices are capable of solving a wide range of various practical problems, which include: air reconnaissance in real time; identification purposes; adjustment of fire and targeting naval artillery; retransmission of radio signals; electronic countermeasures; ASW; defense against anti-ship missiles; search for mines, etc. In addition to the tasks in the interests of defense, such devices are capable of solving civic problems: surveillance of maritime economic zones; fishery exploration; suppression of smuggling activities; environmental monitoring; delivery of life-saving appliances to victims in areas occurred accidents and disasters; sampling of water bodies, etc.

**Keywords:** surface «Coanda» centripetal expansion of the air flow, combined power plant, centrifugal fan, wind resistance

В период бурного развития авиации предложено множество схем различных летательных аппаратов. В силу разных причин (трудностей практической реализации, отсутствия реальных задач) многие из этих схем были отвергнуты или забыты. Однако, начиная с конца XX века в связи с результатами исследований ученых, их достижениями в области аэродинамики, микроэлектроники, многокритериальных высокоточных малогабаритных систем навигации и управления, принципов организации систем связи с высокой скоростью передачи данных, а также новых способов съема и передачи информации с борта потребителю, стало возможным широкое внедрение беспилотных летательных аппаратов (БЛА), отличающихся универсальностью применения, низкой стоимостью производства и эксплуатации.

Одним из прикладных направлений в развитии таких технологий, является создание ветроустойчивых, безопасных в эксплуатации беспилотных летательных аппаратов вертикального взлета и посадки, способных выполнять посадку на воду и взлетать с воды. Поэтому летательные аппараты, имеющие дисковидную форму, снова привлекают к себе пристальное вни-

мание, как военных, так и структуры хозяйственного комплекса страны.

Цель выполнения разработки – определение облика ветроустойчивого беспилотного летательного аппарата вертикального взлета и посадки (БЛА ВВП), с возможностью его эксплуатации на водной поверхности, оснащенного тяговыми агрегатами, расположенными в корпусе аппарата, с обдуваемой на основе реализации эффекта «Коанда», внешней линзообразной поверхностью.

Основные требования к аппарату в рамках решаемых задач

- относительная компактность;
- безопасность эксплуатации для окружающих;
- ветроустойчивость;
- компоновка, обеспечивающая взлет и посадку с водной поверхности;
- защищенность силовой установки от потоков и брызг воды;
- отсутствие низкочастотных вибраций;
- минимальные затраты на выполнение основных задач

**Предшествующий опыт**

Недостатки, свойственные ЛА дисковидной формы (неустойчивость по углам

рыскания и тангажа, большое индуктивное сопротивление), отмечались ранее при их испытаниях, проводившихся в различных странах (например – сфероплан Уфимцева, Россия, 1910-1911 гг; самолет зонтик, США, 1911г; Aka Dirigiplane, США, 1933г; Scimmer V-173, США, 1938-1948 гг; Фоке-Вульф 500, Курга Танка, Германия 1941-1945 гг; летающий блин Цимермана, Германия, 1942 гг; «Дископлан – 1», Россия, 1950г.; NS-97, Дика Стасиноса, Nortrop, США, 1950 г.; Avrokar VZ9-AV и его модификации, Канада, 1952-1961 гг; RS-360, Rene Couzinet, Франция, 1952 г; самолет Ляхова, Россия, 1961г; различные проекты Moller Skycar, Moller, США, 1962-1990 гг; дисколет Павлова, Россия, 1996 г; Cypfer и его модификации, Sicosky, США, 1992-1998 г; и мн. др.). Результаты таких испытаний приводили к последующему, очень осторожному подходу к выбору схемы дисковидного летательного аппарата.

С точки зрения аэродинамики, поведение дисковидных аппаратов характеризуются тем, что у большинства из них в нижней части корпуса положение зон повышенного давления крайне неустойчиво. При наличии бокового обдува (в горизонтальном полете) они могут чередоваться с зонами отрицательного давления, которое вызывало возникновение соответствующих сил с обратным знаком по отношению к вектору подъемной силы. Это в свою очередь, приводило к тому, что аппарат дисковидной компоновки становился трудно управляемым и склонным к опрокидыванию, приводя к не всегда возможному устранению такого недостатка. Данный факт являлся причиной закрытия ряда программ работ по их разработке и испытаниям.

#### Современное состояние разработок

За рубежом имеется и широко эксплуатируется множество конструкций различных БЛА ВВП. Однако, как показывает анализ, все они, как правило, построены по традиционной одно или многвинтовой вертолётной схеме, у которой подъемная сила создаётся только тягой несущего винта (винтов).

Такая традиционность приводит к тому, что характеристики подобных БЛА, их достоинства и недостатки схожи с характеристиками и недостатками полномасштабных – пилотируемых аппаратов, и не позволяет, в рамках существующих подходов, решить задачи улучшения ветроустойчивости, безопасности эксплуатации и ряда других существенных свойств. Поэтому, в связи с необходимостью расширения рынка применения беспилотной техники,

в частности за счёт повышения ветроустойчивости БЛА, наделяния их возможностями взлета с воды и посадки на воду, для аппаратов перспективных концептуальных схем, все чаще рассматриваются нетрадиционные способы создания подъемной силы.

Одним из таких способов, можно считать способ, в котором результирующая подъемная сила создается не только за счёт тяги несущих винтов, но и за счёт силы возникающей при внутреннем или наружном обтекании воздухом корпуса летательного аппарата (аппараты фирмы AESIR, Англия; VZ-9 Avrocar и его модификации, Канада; БЛА «Ходер», Англия; ЭКИП, Россия; ЛА Д. Джонсона, США и т.д.).

Считается, что подобные схемы, во множестве испытанные и изученные в середине прошлого века применительно к пилотируемой авиации, могут существенно улучшить характеристики и безопасность БЛА среднего, малого и мини классов (с массой до 50 кг), а также разнообразить возможности их применения.

В результате проведенных научно-исследовательских работ учеными С.-Петербурга [1] было выяснено, что наилучшими прибавками к тяге отличаются те аппараты, обдув которых происходит в их нижней части.

Исследования также, показали, что величина прибавки к тяге может достигать до 100 и более процентов тяги основных тяговых агрегатов.

#### Предлагаемое решение

Как известно, в связи с расширением сферы применения БЛА, охватом труднодоступных зон хозяйствования, выполнение ряда задач посредством силы тяги несущих винтов аппаратов реализованных по традиционным схемам (вертолет, мультикоптер), уже не удовлетворяют их качеству выполнения и требованиям безопасности. Причиной этому является низкое значение КПД ~ 0.22–0.35 и незащищенность средств создания подъемной силы (тяги) вышеупомянутой техники.

Попыткой устранения указанных недостатков является настоящая работа. Она предполагает рассмотрение БПЛА, у которого подъемная сила создается комбинированным способом, сочетающим центростремительное расширение потока воздуха выходящего из нескольких сопел под корпусом аппарата с одновременным обдувом верхней линзообразной поверхности двойной кривизны, выполненной в соответствии с математическим описанием поверхности «Коанда», над которой, в результате разряжения возникает подъемная сила.

Предлагаемая компоновка аппарата предусматривает, что центробежные агрегаты,

обеспечивающие вертикальную тягу, равномерно расположены на периферии, внутри дисковидного корпуса аппарата. Одновременно, внутри каждого из центробежных агрегатов, вращается центробежный вентилятор, который попарно, с противоположно расположенным ему вентилятором, вращается в противоположном направлении, обеспечивая разгон потока с центростремительным расширением на выходе из сопла. Другой центробежный нагнетатель, расположенный в центральной части аппарата, установлен коаксиально с зазором к внешней поверхности наружного дисковидного корпуса. Он обеспечивает разгон и сжатие потока с изменением направления от осевого к радиальному вдоль поверхности «Коанда».

### Новизна предлагаемых решений

В физической основе природы образования подъемной силы рассматриваемого аппарата лежит комбинированный способ создания подъемной силы, которая является суммой подъемных сил.

1. Сил создаваемых центростремительным расширением потока воздуха от центробежных агрегатов.

2. Сил возникающих при обтекании воздухом конусовидных стекателей центробежных агрегатов.

3. Сил, возникающих при использовании эффекта «Коанда» в результате обтекания верхней поверхности дисковидного корпуса БПЛА ВВП.

На сегодня предложено множество как отечественных так и зарубежных схем осесимметричных ЛА дисковидной формы (см. <http://rexresearch.com/wingless/wingless.htm>).

Все они могут быть разделены на следующие три группы:

– ЛА, у которых подъемная сила создается разряжением над верхней поверхностью аппарата, обеспечиваемой, как правило, за счёт эффекта «Коанда» (см. US Patent 6073881, 6073882, 5803199, 3697020, и т.д.);

– ЛА, у которых подъемная сила обеспечивается повышенным давлением на нижней поверхности фюзеляжа, ее «наддувом» (см. БПЛА «Тайфун», Око 3; Россия);

– ЛА, у которых подъемная сила обеспечивается обоими способами.

Создание подъемной силы за счёт разряжения над верхней поверхностью ЛА ограничено по своей величине и сильно зависит от давления окружающей среды. Оно быстро падает с повышением высоты полёта. Поэтому для решения поставленных задач наиболее пригоден второй способ, который обеспечивает большее значения подъемной

силы, что и объясняет его преимущественное использование на летательных аппаратах экспериментального назначения.

Однако, как сказано выше, при «наддуве» нижней поверхности аппарата, крайне сложно добиться стабильности в распределении давления. Для устранения этого явления, предлагается на выходе из сопел центробежных агрегатов, расположенных в корпусе по его периферии, установить конусовидные стекатели, имеющие определенную форму. Они будут обтекаться потоком воздуха ускоренного центробежными агрегатами, что позволит упорядочить общие потоки воздуха, нужным образом распределить зоны повышенного давления и как следствие, улучшить управляемость БЛА.

Патентный поиск и анализ конструкций дискообразных БЛА, разработанных ранее, показывает, что совокупность предлагаемых способов, для обеспечения сформулированных выше требований, в мировой практике пока не рассматривалась.

### Описание конструкции аппарата

Универсальный летательный аппарат дисковидной компоновки (рис. 1, рис. 2), выполнен в виде герметичного дисковидного несущего корпуса 1, образованного верхней поверхностью 2, и нижней поверхностью 3.

Поверхность 2 сформирована в соответствии с математическим описанием поверхности «Коанда» и предназначена для создания подъемной силы аппарата. Аэродинамическая подъемная сила  $Y$  аппарата, является результатом обтекания поверхности 2 ускоренным, центробежным нагнетателем 4, воздушным потоком 5, который истекая из кольцевого сопла 6, над поверхностью 2, обдувает её, вызывая на ней падение давления.

Область повышенного давления на нижней поверхности 3 аппарата, как и вертикальная реактивная тяга, возникают в результате ускорения воздушных потоков 7 несколькими центробежными агрегатами 8, с последующим истечением и центростремительным расширением потоков 9 в кольцевых соплах 12. Каждый из центробежных агрегатов 8, установленных внутри дисковидного корпуса 1, заключен в специальный корпус 10, у которого на выходе, сформирован пространственный диффузор 11. Предварительно расширенные в диффузорах 11 потоки 9, направляются в кольцевые сопла 12, где происходит их окончательное центростремительное расширение и обтекание конусовидных стекателей 14. Конусовидные стекатели 14, со специальными поверхностями, выполнен-

ными по образующим в виде кривых второго порядка, установлены за центробежными агрегатами 8 по их осям, позволяют вместе с ними формировать удобообтекаемые тела. Обтекание поверхностей таких тел, с центростремительным расширением воздушного потока, в соответствии с результатами исследований, проведенными в г. С. Петербурге профессором Соколовым Е.И. и к.т.н. Ушаковым А.П. – дает возможность получать дополнительную тягу Т1.

Проявление такого эффекта позволяет кроме упорядочивания общих потоков воздуха, нужным образом распределить зоны повышенного давления и, как следствие, повысить значение тяги Т с улучшением управляемости аппарата.

В качестве энергетической установки, аппарат может быть оснащен турбовальным силовым агрегатом со свободной турбиной, или электродвигателями 13, которые вращают центробежный нагнетатель 4, и центробежные агрегаты 8 во взаимнопротивоположном направлении.

Центробежный нагнетатель 4 воздушно-го потока 5, на выходе воздуха из рабочего колеса, оснащен лопаточным диффузором 15, входным направляющим аппаратом лопаточного типа 16, профилированным корпусом 17 рабочего колеса, с обтекателем 18. Такая конструкция нагнетателя 4, позволяет иметь положительные характеристики обтекания, как его внешней поверхности, так и внутреннего проточного пространства. Направление вращения рабочих колес центробежных нагнетателей показано стрелками 19. Часть воздушного потока 5 от центробежного нагнетателя 4 отбирается

по каналам 21 через диффузор 22 для обеспечения нормальной работы центробежных агрегатов 8.

Бортовая Система Автоматического Управления 20, воздействуя определенным образом на режимы работы центробежных нагнетателей 8, изменяет интенсивность расширения потоков воздушных струй 9 (наддува) под нижней поверхностью аппарата. Соответственно меняется интенсивность обдува конусовидных стекателей 14 центробежных агрегатов 8, которые расположены на определенном плече от оси аппарата, заставляя его изменять свое положение в пространстве относительно осей X; Y и Z, и его вектор перемещения. При этом продольное управление осуществляется путем изменения режимов работы передних и задних нагнетателей, которые создают поворотный момент вокруг оси OZ, обеспечивая пропульсивную силу в направлении вперед-назад по полету. Поперечное управление – путем изменения режимов работы левых и правых нагнетателей, что вызывает повороты вокруг оси OX, а путевое – путем дифференциального изменения режимов работы накрест расположенных нагнетателей, что вызывает повороты вокруг оси OY.

В целом, схема аппарата позволяет на всех режимах полета эффективно управлять им относительно всех осей в пространстве, по аналогии с управлением мультикоптерами.

Конусовидные стекатели 14 центробежных агрегатов 8 могут использоваться в качестве водоизмещающего средства обеспечения непотопляемости аппарата на плаву при выполнении взлета-посадки и решении задач с базированием на водной поверхности.

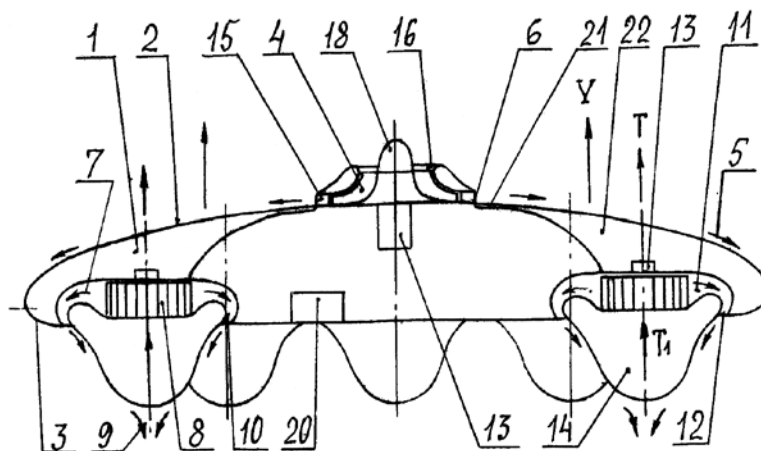


Рис. 1

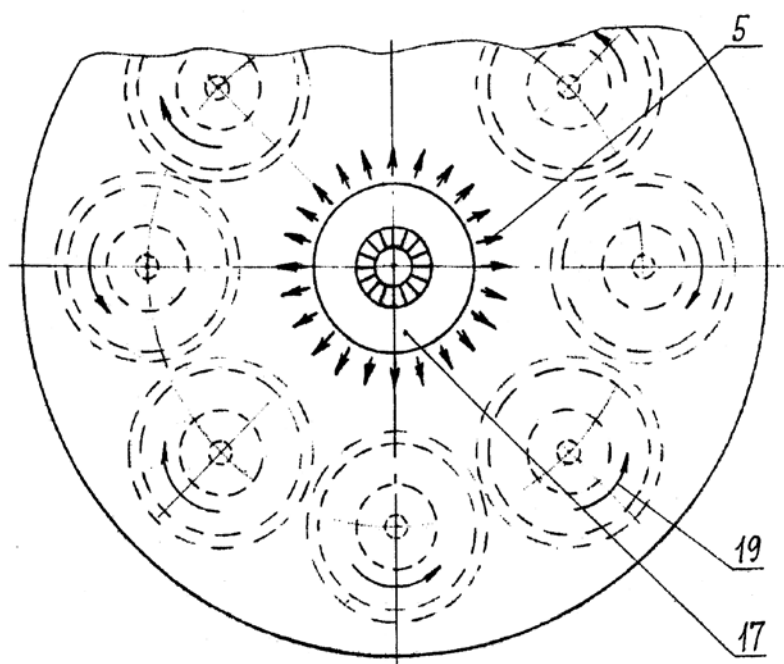


Рис. 2

### Выводы

1. Дисконидная форма аппарата, используемая в данной разработке, обеспечит его компактность.

2. Малая площадь поперечного сечения, обеспечит хорошую ветроустойчивость.

3. Расположение тяговых агрегатов внутри корпуса, в его периферийной части, на определенном расстоянии от вертикальной оси аппарата, создаст возможность эффективного управления аппаратом в пространстве и обеспечит надежную защиту обслуживающего персонала от его вращающихся частей.

4. Использование конусовидных стекателей центробежных агрегатов в качестве водоизмещающих поплавков, удерживающих аппарат на водной поверхности – позволит ему выполнять безопасное приводнение и дежурство на плаву.

5. Аэродинамические особенности дисконидного крыла обеспечат стабильное положение при зависании и возможность парашютирования.

6. Обеспечиваемый технический результат проекта заключается в интеграции используемых аэродинамических эффектов и особенностей компоновки аппарата, которые позволяют придать новые свойства классу летательных аппаратов, выполненных по схеме «Летающая тарелка».

7. Одной из особенностей аппарата, является его возможность зависать и находиться некоторое время в зоне повышенных температур благодаря отводу большого количества тепла при центростремительном расширении выходящих струй воздуха в нижней части аппарата.

8. Создана концепция беспилотного летательного аппарата, универсального применения, способного работать в стесненных городских условиях.

### Список литературы

1. Ушаков А.П. Общая компоновка и внешняя аэродинамика дисконидных микро – и мини летательных аппаратов вертикального взлета и посадки: тез. докл. на Первом Московском международном форуме «Беспилотные многоцелевые комплексы в интересах ТЭК», «UVS-TECH 2007».

2. Ушаков А.П., Соколов Е.И. Общая компоновка и внешняя аэродинамика дисконидных микро- и мини летательных аппаратов вертикального взлета – посадки // Первый международный форум-выставка «Беспилотные многоцелевые комплексы в интересах ТЭК». – М., 2007.

3. Усков В.Н., Ушаков А.П. Оценка возможности увеличения подъемной силы за счёт обтекания фюзеляжа летательного аппарата вертикального взлёта посадки воздухом от несущих винтов // XXI всероссийский семинар по струйным, отрывным и нестационарным течениям. – Новосибирск, 2007.

4. Воронков Ю.С., Воронков О.Ю., Ушаков А.П. Патент РФ на изобретение № 2518143 с приоритетом от 04.09.2012 г. (RU) «Летательный аппарат вертикального взлета и посадки».

5. Мировая компьютерная сеть Интернет, информация 1995 – 2014 гг.

6. Материалы Благотворительного общества научнотехнического творчества и экологии «Ювенал» г. Таганрога.