

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ВЗЛЕТ

Олег Комарницкий

Вертолеты среди всего множества беспилотных летательных аппаратов занимают свою функциональную нишу, границы которой часто не всегда корректно определены. Беспилотный вертолет можно рассматривать как тактическое средство с достаточно широкими границами применения, имеющее одно важное преимущество – взлет и посадку без дополнительного оборудования. В статье рассматриваются проекты БЛА вертолетного типа массой до 200 кг

Использование беспилотных летательных аппаратов с каждым годом становится все более распространенным. В настоящее время предлагается множество различных схем и компоновок БЛА. Рисунок 1 позволяет сравнить характеристики некоторых беспилотных систем самолетного и вертолетного типа. Отличительной особенностью беспилотных самолетов взлетной массой более 10 кг, является то, что взлет и посадку они осуществляют либо с привлечением вспомогательных систем, либо пользуются заранее подготовленными взлетно-посадочными полосами. Первые обычно имеют высокий запас прочности для обеспечения их многократного использования под воздействием значительных перегрузок при взлете и неизбежных ударных нагрузках при приземлении. Это приводит к снижению весовой эффективности (под весовой эффективностью здесь понимается отношение массы полезной нагрузки к полной массе БЛА) самолетной конструкции, делая вертолетные показатели для малых скоростей полета более предпочтительными (Рисунок 2).

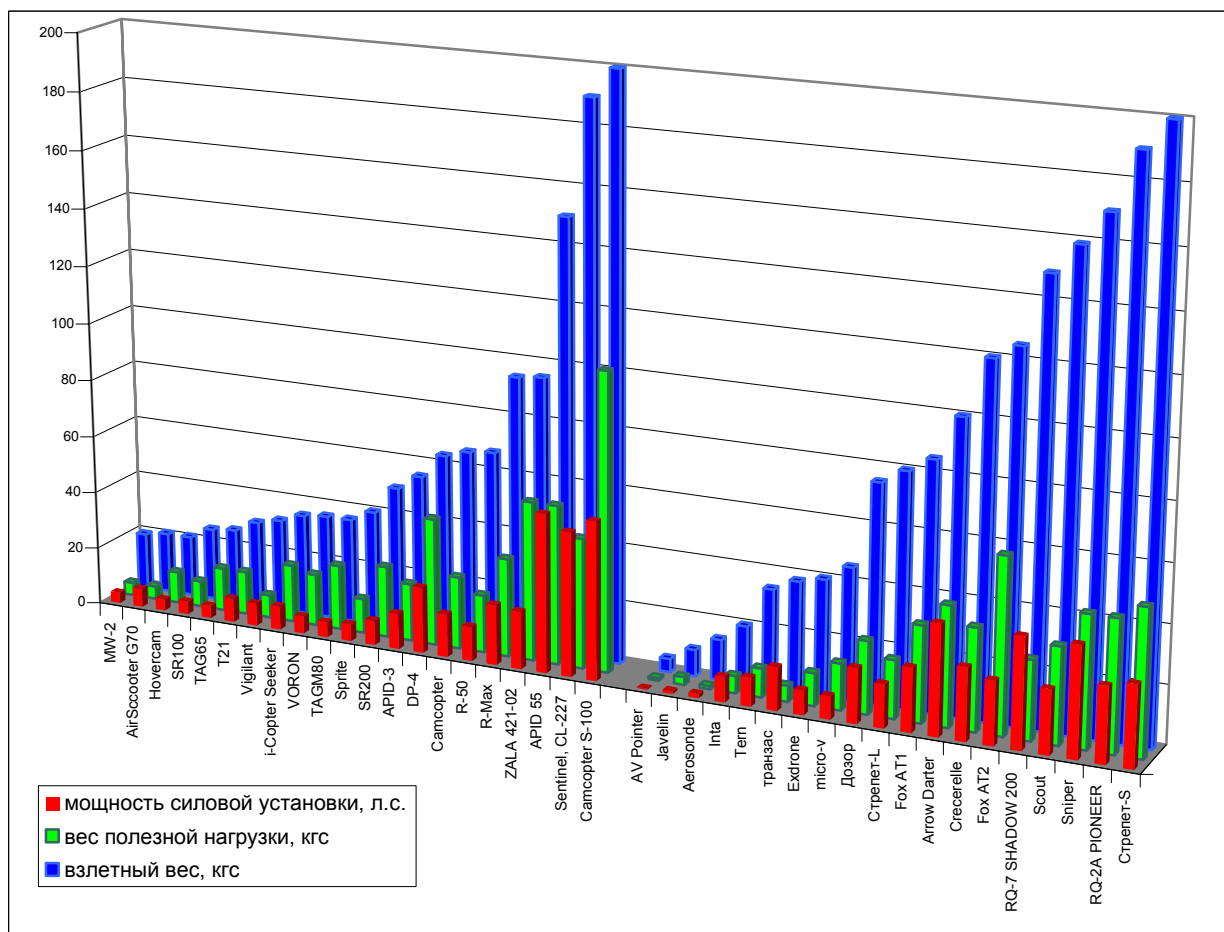


Рисунок 1. Массовые и энергетические параметры БЛА самолетов и вертолетов

Аппараты, использующие для взлета и приземления подготовленные взлётно-посадочные полосы, должны иметь большую дальность полета для обеспечения долета до исследуемой области, что сильно урезает их преимущества по полезной нагрузке вследствие потребления большого объема топлива.

Вертолеты среди всего множества беспилотных летательных аппаратов занимают свою функциональную нишу, границы которой часто не всегда корректно определены. Беспилотный вертолет можно рассматривать как тактическое средство с достаточно широкими границами применения, имеющее одно важное преимущество – взлет и посадку без дополнительного оборудования. С точки зрения конструкции наиболее интересно рассмотреть образцы массой до 200 кг, так как БЛА большей массы чаще всего проектируются с использованием методик и подходов, применяемых при создании пилотируемых аппаратов, а то и вовсе являются дооборудованными пилотируемыми аппаратами.

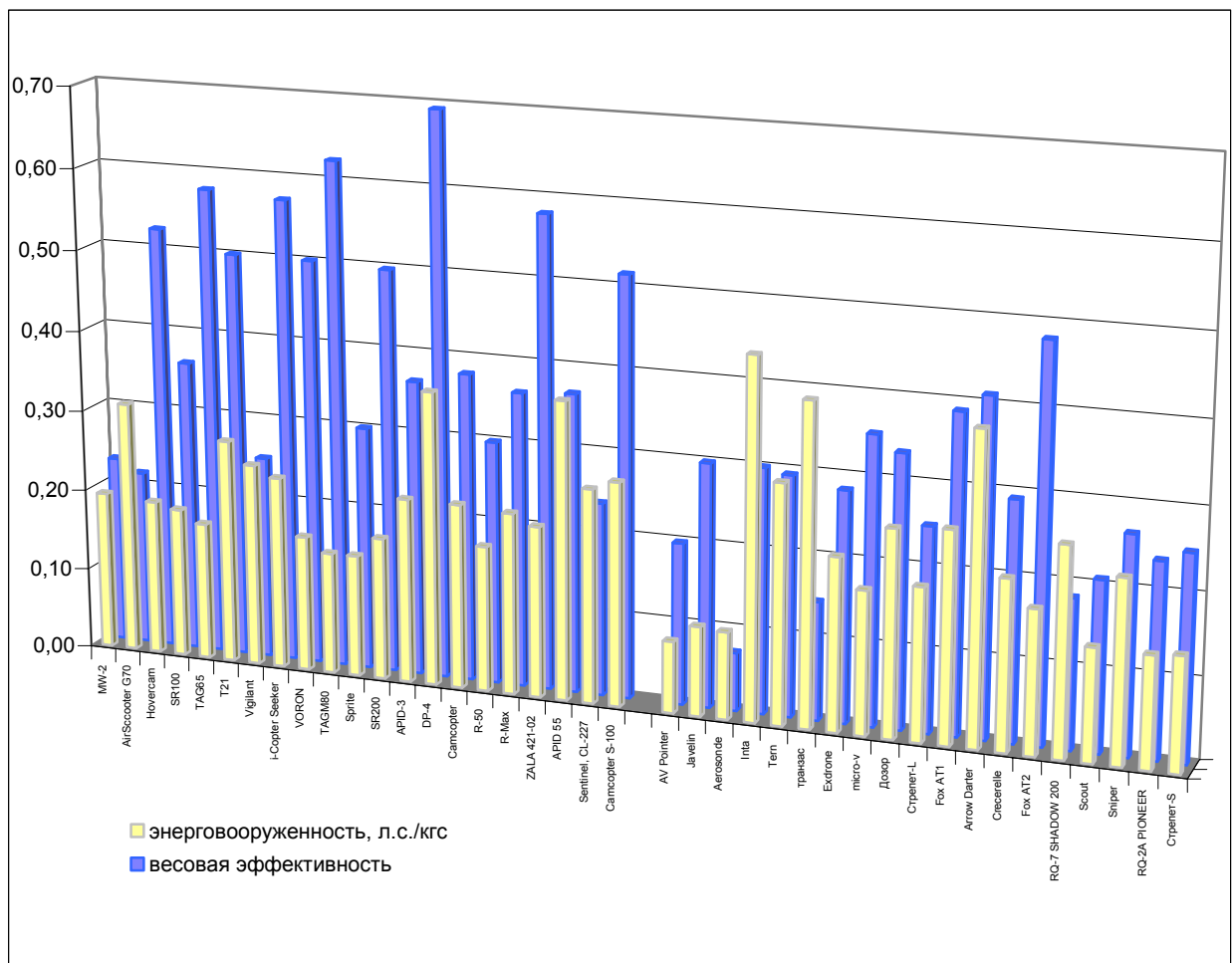


Рисунок 2. Показатели энерговооруженности и весовой эффективности БЛА самолетов и вертолетов

Основной особенностью вертолетов, и беспилотных в том числе, является способность вертикально взлетать и приземляться на практически неподготовленные площадки, а также возможность снижения скорости движения почти до нуля во время полета. Из диаграммы на Рисунке 3 видно, что главным преимуществом при применении вертолетов является полет со скоростью менее 50 км/ч, включая режим висения.

Можно сформулировать две типовые задачи, в которых целесообразно применение БЛА вертолетного типа.

Первая задача – это мониторинг событий вблизи места старта, когда полет со значительными горизонтальными скоростями не требуется. Аппарат либо выполняет полет с малой горизонтальной скоростью, либо осуществляет висение. Здесь возможны различные подзадачи. Первая заключается в мониторинге с небольшого расстояния до наблюдаемых объектов. Надо признать, что если расстояние до объекта совсем малое - 10-15 метров, то выполнение полета осуществимо только при помощи опытного оператора, находящегося на небольшом расстоянии от БЛА. Использование больших ЛА при таких расстояниях до объекта становится опасным для наблюдаемых объектов. От аппаратов, используемых для этих работ, требуется хорошая маневренность и максимальная весовая отдача для возможности нести максимум оборудования. Высокая степень стабилизации аппарата обычно обеспечивается использованием винтов с системой стержней и лопаток Белла-Хиллера. Сформулированный сценарий соответствует применению БЛА для проведения видеосъемки.

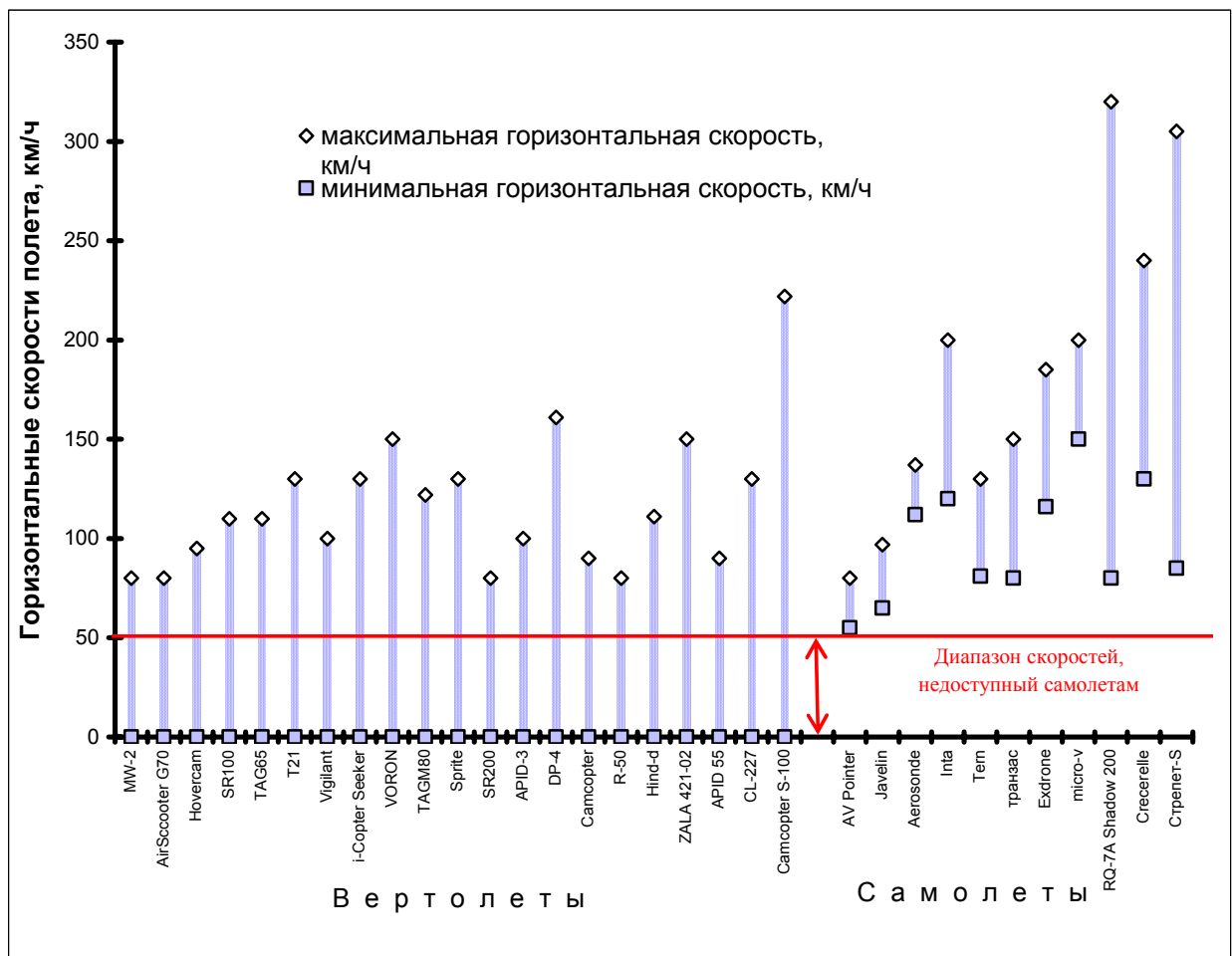


Рисунок 3. Возможные скорости горизонтального полета рассматриваемых БЛА

Другая подзадача – наблюдение за обстановкой в некотором квадрате с расстояния не ближе 50-70 метров с необходимостью малой подвижности носителя для отслеживания развития ситуации. Она может решаться как аппаратами, управляемыми бортовым комплексом, так и, со значительными допущениями, аппаратами, управляемыми находящимся неподалеку оператором (до 100 м). Однако такой полет без приборов позиционирования осуществлять очень сложно - надо критично оценивать возможность контроля оператором координат висения на большой высоте. Отчасти поэтому использование вертолетов с ручным управлением в качестве носителей аппаратуры аэрофотосъемки малоэффективно, особенно учитывая уровень вибраций, присущий

вертолетам и стоимость летного часа. Следует помнить, что применение вертолета (не только с ручным управлением) для этой цели надо обосновывать, сравнивая возможности вертолета и самолета. Такой характер полета ЛА используется для загоризонтного целеуказания, ретрансляции и т.д.

Вторая задача - это мониторинг обстановки или объектов, находящихся на удалении от места взлета. Стремительная миниатюризация бортовых систем навигации, по заявлению представителей компаний-разработчиков, уже позволяет решать задачи автономного полета дальностью 10 км и более БЛА взлетной массой около 100 кг. В прессе периодически появляются сообщения об удачных экспериментах по выполнению некоторых полетных заданий подобного рода.

Требования к конструкции вертолетов, предназначенных для полета вблизи места старта, непритязательны к форме фюзеляжа и не столь критичны к наличию дополнительных вращающихся элементов. Несущие винты могут иметь умеренные окружные скорости, что позволяет иметь более эффективный винт, и наличие вспомогательных элементов не приводит к значительному росту профильной мощности. Однако масса трансмиссии и самого винта при низких значениях окружных скоростей становятся большими. Большие значения энерговооруженности этих аппаратов не должны подпитывать иллюзии относительно их высотности, большинство из них оборудованы обычными атмосферными двигателями, которые с ростом высоты полета резко теряют свои характеристики. Избыток мощности на этих БЛА предназначен для реализации высокой маневренности и способности противодействовать ветровым нагрузкам в зоне полета. Фюзеляжи таких аппаратов в большинстве случаев выполнены либо в виде ферм с облицовками или защитными экранами, покрывающими части конструкции в основном в местах установки оборудования. Часто беспилотные вертолеты с балочными фюзеляжами на несущих обшивках применяются из конструктивных, технологических или эксплуатационных соображений, но не для аэродинамического совершенства. Исключение составляют аппараты с фюзеляжами, симметричными относительно вертикальной оси, такие как CL229 и Ка-137 (Рисунок 4). Это полностью капотированные машины с несущими системами без вспомогательных стержней. Высокие скорости горизонтального полета, заявляемые разработчиками для этих аппаратов, свидетельствуют не столько о целесообразности полета на большие расстояния, сколько о способности, как говорилось выше, противостоять ветровым нагрузкам, растущим с увеличением высоты полета. Отсутствие в конструкции винтов лишних стержней и лопаток компенсируется бортовыми вычислительными комплексами и позволяет экономить топливо, увеличивая продолжительность полета.



Рисунок 4. БЛА Ка-137

Конструкция вертолетов, предназначенных для продолжительного горизонтального полета, во-первых, формирует несущую систему по иным требованиям, а во-вторых, должна реализовать все способы минимизировать потребляемую для полета мощность в целях экономии топлива в этом режиме для обеспечения максимального полетного времени. Здесь потребны более высокие окружные скорости несущего винта, хотя это и снижает его эффективность, часто приводит к уменьшению его массы и массы трансмиссии. Необходимо иметь и закрытый, вполне обтекаемый фюзеляж, и избавленный от лишних элементов несущий винт, наклонённый вперед относительно фюзеляжа на оптимальный угол. Примером такого ЛА может служить Camcopter S100 (Рисунок 5).

Что касается узлов Белла-Хиллера, то их использование становится сомнительным на аппаратах от 100 кг и выше, ввиду упомянутого выше повышения автономности БЛА. Думается, бортовое оборудование этой техники способно стабилизировать работу и аэродинамически более совершенных несущих систем.



Рисунок 5. Schiebel Camcopter S100

Одну из существенных проблем, присущую БЛА вертолетного типа, представляет вибрация. Проблему высоких вибраций на борту вертолета можно разделить на колебания от силовой установки, несущего винта и трансмиссии. На большинстве беспилотных вертолетов установлены поршневые двухтактные двигатели, что создает значительные сложности для бортового оборудования. К примеру, основной причиной установки на своем вертолете HUSKY силовой установки, состоящей из двух ГТД, разработчики КБ «ИНДЕЛА» назвали именно желание снизить уровень колебаний.

Известно, что наибольшая амплитуда ощущаемых на фюзеляже колебаний, генерируемых несущим винтом, имеет частоту гармоник, соответствующую количеству лопастей, а амплитуды гармоник с увеличением их номера значительно убывают.

При рассмотрении вертолетного парка БЛА, становится очевидным, что большинство из них имеют двухлопастные винты со вспомогательными элементами. Разработка малоразмерных вертолетов началась с взлетных масс около 5 кг, а в этом типоразмере вертолет является, наверное, самой неустойчивой летающей конструкцией. Вследствие отсутствия подходящих электронных систем стабилизации, стали применять схему со стабилизирующими стержнями Белла, а затем схему с лопатками Хиллера.

Амплитуды колебаний от трехлопастного, а тем более четырехлопастного винта, значительно меньше, чем от двухлопастного. Использование таких винтов оправдано также из-за снижения шарнирных моментов в системе управления вследствие уменьшения хорды лопастей. Поэтому увеличение количества лопастей несущего винта - естественное направление совершенствования беспилотных вертолетов. Примером работы в этом направлении являются вертолеты T21, CL229. По всей видимости, компания TAG собирается пойти именно по этому пути. Это наглядно иллюстрирует изображение несущего винта, приведенное на сайте фирмы. В то же время необходимо признать, что увеличение количества лопастей снижает весовую эффективность конструкции и несколько удорожает её.

Наибольшее прикладное значение имеет проектирование вертолета для полета на малых скоростях. Проектировочными параметрами, влияющими на эффективность несущей системы и скорость полета, являются: окружная скорость концов лопастей, нагрузка на площадь, ометаемую лопастями несущего винта и энерговооруженность аппарата, определяемая отношением мощности двигателя в режиме висения к весу аппарата.

На потребную мощность силовой установки вертолета влияют принятая удельная нагрузка на винт, а также необходимая максимальная горизонтальная скорость полета и наибольшая скороподъемность. Зачастую, избыток мощности, необходимый для достижения неоправданно высоких летных характеристик, приводит к выбору более мощного и, следовательно, более тяжелого двигателя. Это, в свою очередь, ведет к снижению массы полезной нагрузки и перерасходу топлива. В этих условиях переразмеренные двигатели с большим запасом мощности уместны лишь для аппаратов, нуждающихся в высокой маневренности.

Избыток энерговооруженности является достаточным условием для обеспечения хороших летных характеристик и высокой маневренности. Аппараты, имеющие избыток энерговооруженности, имеют более высокую вертикальную скороподъемность и обеспечены необходимым избытком мощности для достижения высоких горизонтальных скоростей.

Можно заметить, что с ростом взлетной массы весовая эффективность вертолетов падает (Рисунок 2). Исключением является все тот же S100, фюзеляж которого выполнен как очень легкий монокок из композиционных материалов, аналогичный корпусам болидов «Формулы-1». Объяснение кроется в том, что на малоразмерных БЛА, во-первых, узлы нагружены силами и моментами, которые способны выдержать детали из армированных термопластичных пластиков, а во-вторых, они проектируются с малыми значениями ресурсов, ввиду полетов вблизи земли и, как следствие, с высоким риском контакта с препятствиями. По мере роста взлетной массы все большее число деталей становятся металлическими. При увеличении требуемого ресурса приходится закладывать большие запасы прочности, по-другому организовывать устройство подшипниковых узлов, обеспечивать защиту или экранирование оборудования ответственных агрегатов и т.д. Растущие требования по ресурсу и надежности больших аппаратов обусловлены и стоимостью оборудования, устанавливаемого на них.

Подводя итог, можно сказать, что создание беспилотных вертолетов уже переросло начальный этап. Представляемые на выставках и в публикациях материалы свидетельствуют о значительном накопленном опыте и достаточной экономической состоятельности разработчиков, а главное, о складывающемся понимании областей применения этой техники. Теперь дело за созданием новаторской, оригинальной техники, проектируемой не по подобию, на ощупь, а с применением научной оптимизации при выборе характеристик для решения поставленных задач.