

## **Анализ и выбор комбинированной схемы скоростного беспилотного летательного аппарата**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Проанализированы современные пути усовершенствования ЛТХ БПЛА. Обосновано использование схемы скоростного вертолета как перспективного направления совершенствования БПЛА.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, несущий винт, вертолет, конвертоплан, аэродинамическое качество.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с каждым годом занимают все большее место, как в военной, так и гражданской сфере. По мнению многих экспертов, беспилотная авиация в обозримом будущем начнет доминировать над пилотируемой, особенно в военной сфере. Это обусловлено рядом специфических достоинств, реализация которых позволяет получить существенное преимущество над пилотируемой авиацией для широкого спектра задач. Прежде всего это отсутствие экипажа, простота конструкции и систем, относительно небольшая стоимость БПЛА, малые затраты на их создание, производство и эксплуатацию, большие продолжительность и дальность полета, нетребовательность к аэродромному обеспечению.

На современные БПЛА возлагаются задачи длительного наблюдения за обширными территориями, целеуказания огневым средствам поражения, постановка радиоэлектронных помех. Перспективным является привлечение беспилотной авиации для решения ударных задач, задач противолодочной обороны, дальнего радиолокационного наблюдения, ретрансляции радиосигналов, транспортных задач. Помимо решения военных задач перспективным выглядит использование БПЛА в гражданской сфере (экологический мониторинг, контроль общественного порядка, видовая разведка в интересах МЧС, лесоохрана, контроль нефте- газопроводов и ЛЭП). Рост летно-технических характеристик и показателей надежности БПЛА позволяет возлагать на них решение этого нового спектра задач. При этом все чаще будет возникать конфликт между новыми задачами и технической возможностью их осуществления.

Первые поколения БПЛА были близки к однорежимным летательным аппаратам у которых скорости взлетно-посадочных операций и скорости крейсерского полета отличались незначительно. Это было возможно как благодаря использованию разгонных стартовых систем и специализированных систем посадки, так и из-за небольшой величины крейсерской скорости полета. Диапазон решаемых задач допускал такое искусственное сужение эксплуатационного диапазона скоростей полета. Новые задачи, такие как ударные, транспортные, ДРЛО, мониторинг протяженных линейных объектов (ЛЭП, железные дороги, трубопроводные системы) требуют существенного увеличения крейсерской скорости полета и взлетной массы БПЛА. Рост крейсерской скорости необходим для увеличения эффективности БПЛА как транспортной системы и уменьшения времени реакции, а увеличение взлетной массы является следствием увеличения продолжительности полета и роста

номенклатуры и массы полезной нагрузки. Например, решение задачи придания полноценных ударных возможностей для БПЛА RQ-1 Predator в конечном итоге потребовало увеличения скорости полета летательного аппарата в 2 раза, взлетного веса в 4 раза, мощности силовой установки в 9 раз и привело к созданию нового БПЛА MQ-9A Reaper (Predator B) [1]. Масса полезной нагрузки при этом была увеличена в 6 раз. Продолжительность полета и состав БРЭО не претерпели значительных изменений.

С ростом взлетной массы и скорости полета основные технические преимущества БПЛА начинают ослабевать. Катапультные системы старта становятся огромного размера, резко увеличивается их сложность и требования по техническому обслуживанию (рис. 1, 2).



Рис. 1. Катапультная установка БПЛА Sperwer



Рис. 2. Катапультная установка БПЛА Phoenix

Посадочные системы требуют выделения значительных объемов планера и также становятся чрезмерно сложными и требовательными к техническому обслуживанию. При этом надежность таких посадочных систем оставляет желать лучшего. Сложные системы мягкой посадки не обеспечивают необходимого уровня сохранности бортовой электронной аппаратуры с планера БПЛА (рис. 3).



Рис. 3. Последствия аварийной посадки БПЛА Sperwer в Афганистане

Основной путь решения этих проблем в настоящее время – использование схем самолетного взлета и посадки с ВПП. Однако этот метод требует наличия доступных ВПП и использования сложных помехоустойчивых технических средств управления посадкой, что не всегда возможно в условиях ведения боевых действий или для случая чрезвычайной ситуации. Таким образом постепенно утрачиваются одни из важнейших качеств БПЛА – простота, дешевизна и нетребовательность к аэродромному обеспечению. Например, для решения задач взлета и посадки БПЛА RQ-4 Global Hawk используется специальная станция запуска и возвращения на землю с рабочими местами для 2 операторов и отдельными линиями связи с бортом БПЛА (рис. 4) [2].



Рис. 4. Станция запуска и возвращения на землю БПЛА RQ-4A Global Hawk

В настоящее время ведется активный поиск возможных технических решений для минимизации этой проблемы. Основной вектор поиска состоит в том чтобы найти приемлемый компромисс между желанными техническими характеристиками и сложностью их достижения. В работах [3] и [4] описывается несколько перспективных систем армии и флота США, в основу которых

положены требования достижения уникальных тактико-технических характеристик. Это, в свою очередь, влечет за собой отход от канонов проектирования авиационной техники. Так широко используются для экспериментальных работ различные тороидальные и реконфигурируемые аэродинамические компоновки, комфортажные антенные комплексы и нетрадиционные источники энергии (рис. 5).



Рис. 5. Исследуемые перспективные компоновки БПЛА

Основной целью работы является поиск и обоснование альтернативного технического облика БПЛА, отличающегося следующими особенностями:

- высокая скорость полета;
- способность к эксплуатации без вспомогательного оборудования и инфраструктуры для проведения взлетно-посадочных операций (или минимизация его состава и ограниченное использование);
- простота и надежность технических решений.

Возможным решением, удовлетворяющим такого рода требованиям, может стать использование различных комбинированных аэродинамических схем летательных аппаратов.

Основные проблемы, характерные для традиционных типов летательных аппаратов:

- Вертолеты имеют ограниченные ЛТХ из-за особенностей аэродинамики, однако не имеют принципиальных ограничений по минимальной скорости полета, что обеспечивает уникальные взлетно-посадочные возможности

- Самолеты имеют ограничение по минимальной скорости полета и по взлетно-посадочным характеристикам и при этом не имеют схемных ограничений на остальной высотно-скоростной диапазон, что позволяет получать высокие показатели транспортной эффективности.

Летательный аппарат, созданный по комбинированной аэродинамической схеме позволит объединить достоинства основных классов летательных аппаратов, а специфика применения БПЛА позволит нивелировать недостатки такого объединения.

Существует два основных пути построения технического облика летательного аппарата комбинированной схемы – в качестве основы используется самолетная аэродинамическая схема (рис. 5) с наделением ее возможностями вертикального взлета и посадки, либо в качестве основы используется вертолетная аэродинамическая компоновка (рис. 6, 7) с внедрением мероприятий для повышения скоростей горизонтального полета.



Рис. 5. Конвертоплан V-22 Osprey



Рис. 6. Конвертоплан Fairey Rotodyne



Рис. 7. Конвертоплан Ка-22

Для БПЛА, предназначенных для эксплуатации с ограниченных площадок (палуб кораблей) и обладающих умеренной продолжительностью полета, целесообразным выглядит использование комбинированной аэродинамической схемы на базе вертолетной компоновки. Важным преимуществом для такого БПЛА станет сохранение высокой эффективности на режимах висения и движения с околонулевыми скоростями (противолодочные операции, наблюдение за зонами аварийных ситуаций и т.д.). Помимо этого законы управления будут сохраняться неизменными в процессе увеличения скорости вплоть до максимальной.

Создание БПЛА по комбинированной схеме в основе которой лежит самолетная компоновка сдерживается как высокой сложностью реализации переходных режимов полета на летательных аппаратах небольших размеров, так и невостребованностью основного скоростного диапазона таких аппаратов (600...950 км/ч) в настоящее время. При этом необходимо отметить, что в связи с ростом списка задач решаемых БПЛА потребность в таких аппаратах может появиться в ближайшее время.

Наиболее перспективной схемой повышения скорости полета вертолета в настоящее время является разработанная фирмой Sikorsky Aircraft концепция ABC (Advancing Blade Concept), реализованная в демонстраторах S-69 и X2 (рис 8, 9). Идея концепции состоит в том, чтобы ликвидировать главное препятствие роста скорости вертолета – зоны срывного и обратного течений на отступающей

лопасти (рис. 10, 11). Это достигается применением жесткого несущего винта (исключаются маховые движения лопастей и соответственно зоны срывного течения) у которого подъемная сила создается на наступающей лопасти (исключается создание негативной подъемной силы в зонах обратного течения). Для компенсации опрокидывающего момента применяется соосная схема вертолета. Однако реализация концепции АВС в чистом виде на БПЛА небольших размеров, вызовет трудности из-за сложной конструкции втулки и автомата перекоса несущего соосного винта. Поэтому для БПЛА предлагается реализовать основные принципы концепции АВС используя продольную схему вертолета. Это позволит упростить конструкцию и получить дополнительное преимущество в виде более широкого диапазона эксплуатационных центровок, характерного для вертолетов продольной схемы. При этом опрокидывающие моменты с каждого винта будут замыкаться в виде крутящих моментов на фюзеляже вертолета.



Рис. 8. Скоростной вертолет S-69



Рис. 9. Скоростной вертолет X2

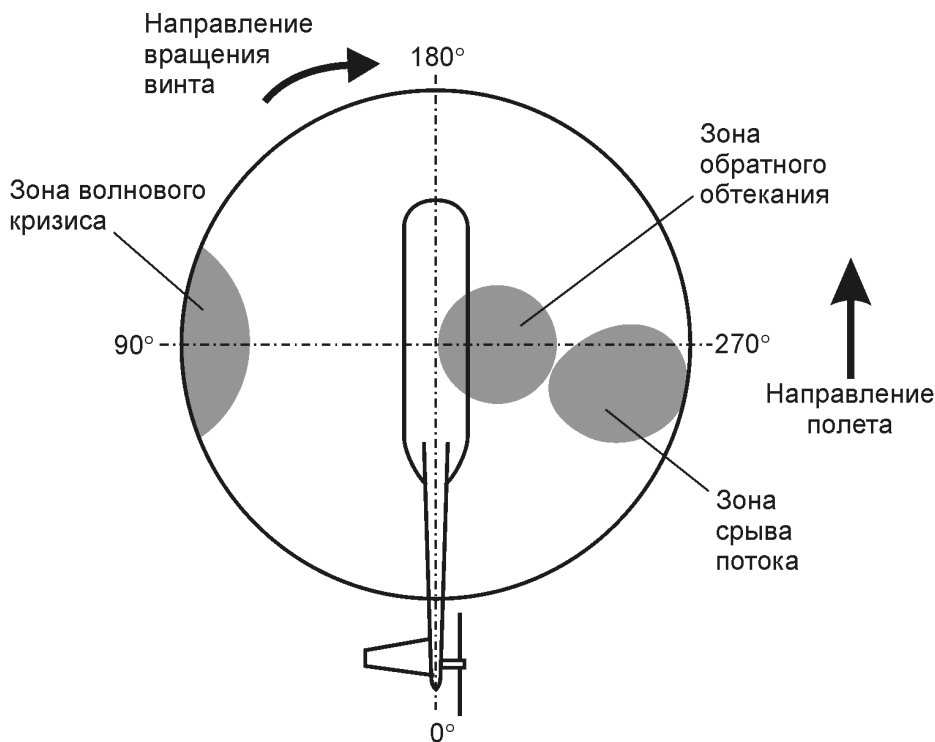


Рис. 10. Кризисные зоны на винте вертолета

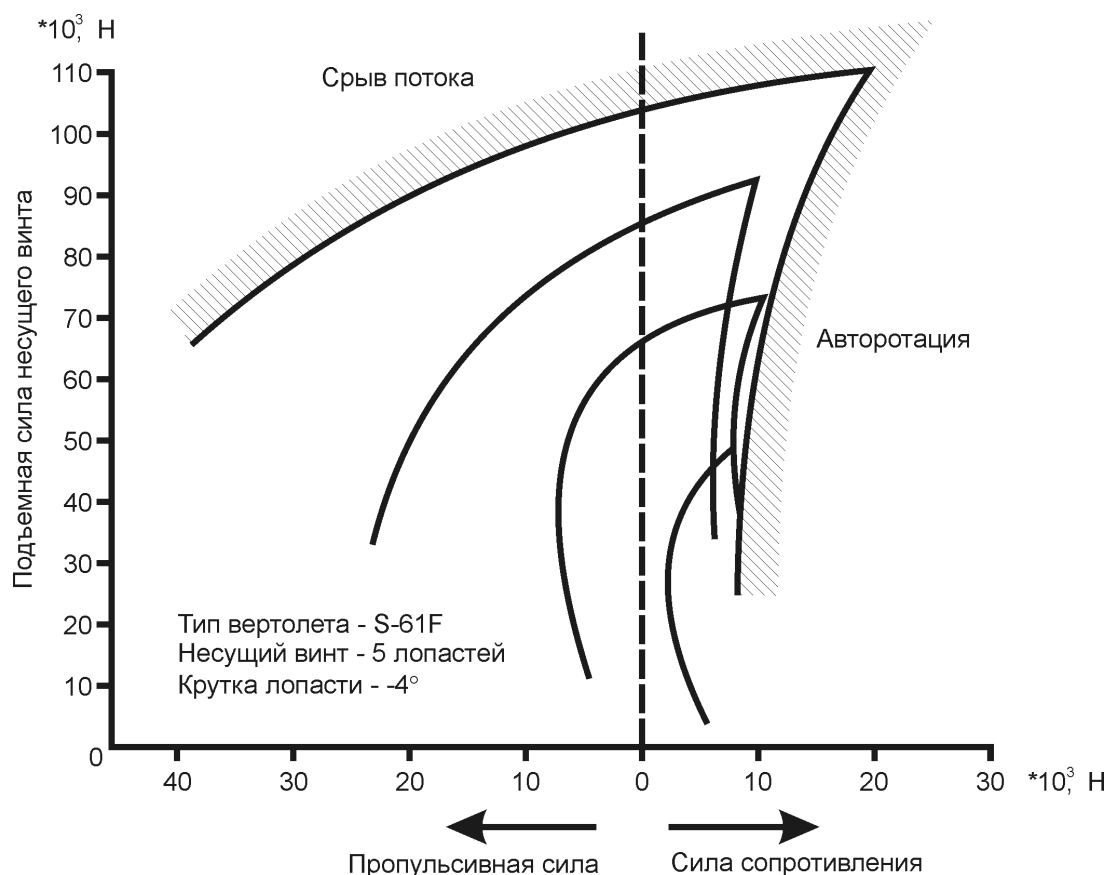


Рис. 11. Поляры винта вертолета S-61F для различных скоростей полета [5]

Достаточно перспективным решением может оказаться система уменьшения частоты вращения несущего винта по мере роста горизонтальной скорости полета. Это позволит уменьшить волновое сопротивление концевых сечений наступающей лопасти при крейсерском полете и одновременно сохранить высокие окружные скорости на режимах висения.

Недостаточные пропульсивные качества несущего винта, выявленные по результатам испытаний S-69, должны компенсироваться за счет применения дополнительного толкающего винта.

Уменьшение аэродинамического качества несущего винта с ростом скорости полета (при скоростях полета выше 350 км/ч) можно компенсировать используя жесткое крыло, разгружающее несущую систему (рис. 12) [5].

При этом необходимо отметить, что уменьшение зон срывного и обратного обтекания при помощи конструктивных мероприятий, разработанных в рамках концепции ABC, позволят также уменьшить падение подъемной силы на несущей системе вертолета при увеличении скорости полета (рис. 13) [5].



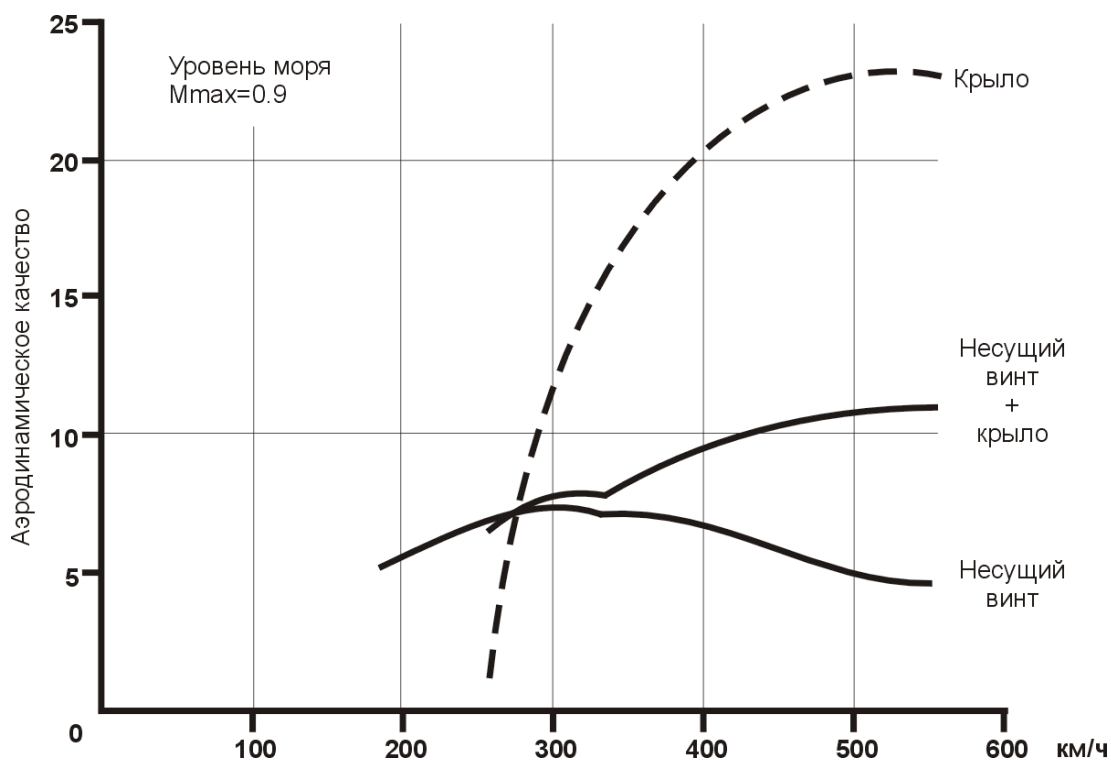


Рис. 12. Изменение аэродинамического качества с ростом скорости полета для различных типов несущих систем

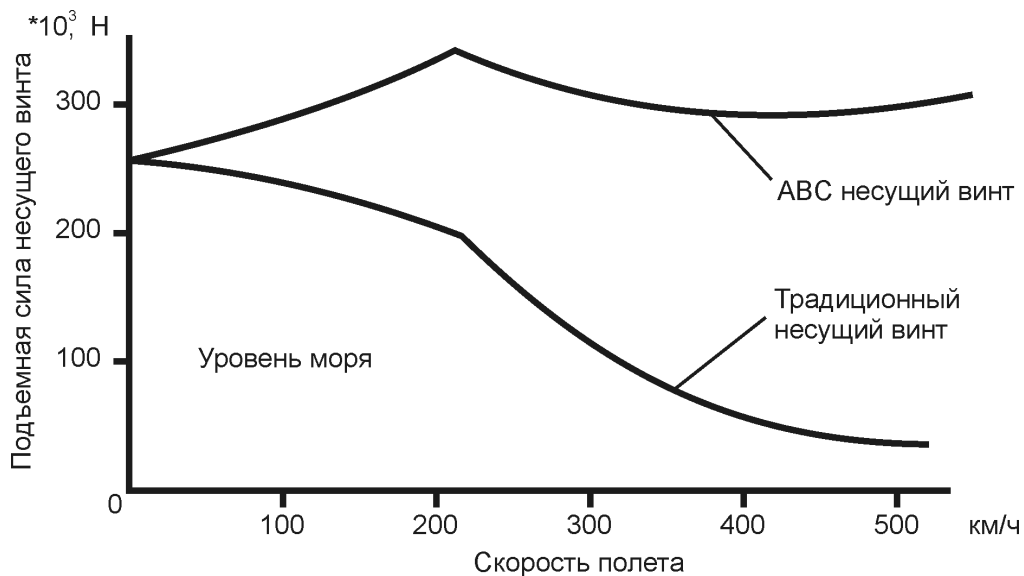


Рис. 13. Сравнение изменения величин подъемной силы различных типов несущих винтов с ростом скорости полета

Предложенный комплекс мероприятий позволит создать достаточно эффективный скоростной БПЛА, способный эксплуатироваться с ограниченных площадок.

Задачей, определяющей массово-габаритные параметры для гражданского БПЛА, выполненного по схеме скоростного вертолета, является контроль и диагностика нефте-газопроводов. Особенность данного вида работ

подразумевает наличие на борту массивного комплекта оборудования полезной нагрузки и значительных дальностей полета. Типовой набор такого оборудования включающий в себя в себя лазерный газоанализатор, ИК-радиометр, ТВ камеру и регистратор данных [6] имеет массу 60...75 кг. Анализ статистических данных показывает что, среднее значение относительной массы полезной нагрузки для беспилотных вертолетов с достаточной продолжительностью полета достигает 0,2 (таблица 1).

Таблица 1

Тип	Взлетная масса, кг	Масса полезной нагрузки, кг	Мощность силовой установки, л.с.	Диаметр несущего винта, м	Энерговооруженность, кг/л.с.	Относительная масса полезной нагрузки
APID 55	160	20	55	3,3	2,9	0,125
Хаски	90	42	19	3,2	4,7	0,47
Ка-37	250	50	60	4,8*	4,2	0,2
Ка-137	280	80	65	5,3*	4,3	0,28
EADS Sharc	190	60	60	2,5*	3,2	0,31
RMAX Type II	94	31	12	3,1	7,8	0,33
Vantage	160	16	42	2,6	3,8	0,1
ZALA 421-02	95	50	20	3,1	4,8	0,52
ZALA 421-06	12,5	3,5	-	1,8	-	0,28
A 160 Hummingbird	1950	135	390	11,0	5,0	0,07
CL 227	227	45	51	2,8*	4,5	0,2
CL-327	350	100	100	4,0*	3,5	0,28
CL-427	340	68	125	4,0*	2,7	0,2
QH-50A	498	136	72	6,0*	6,9	0,14
QH-50C	1044	393	300	6,0*	3,5	0,29
QH-50D	1156	417	365	6,0*	3,2	0,31
QH-50E	1037	429	317	6,0*	3,3	0,3

\* - соосный несущий винт

Таким образом, взлетная масса перспективного БПЛА, выполненного по схеме скоростного вертолета и предназначенного для диагностики магистральных нефте- газопроводов, будет лежать в диапазоне 300...375 кг, мощность силовой установки – 120...175 л.с. (энерговооруженность 2,0...2,5 кг/л.с. с учетом большей потребной мощности для полета с большими скоростями). Общий вид БПЛА представлен на рис. 14 – 16. В качестве силовой установки может рассматриваться как комбинация из нескольких турбовальных двигателей типа PT-50 (50 л.с.), Allied Signal JFS100-13 (90 л.с.) или поршневых двигателей типа HKS 60F (60 л.с.), Rotax 582 (58 л.с.), так и использование одного турбовального двигателя Garrett GTP70-52 (160 л.с.) или Williams WTS 125 (125 л.с.). Управление полетом БПЛА на всех режимах осуществляется

аналогично вертолетам продольной схемы за счет комбинаций одновременного или дифференциального изменений циклического или общего шага несущих винтов.

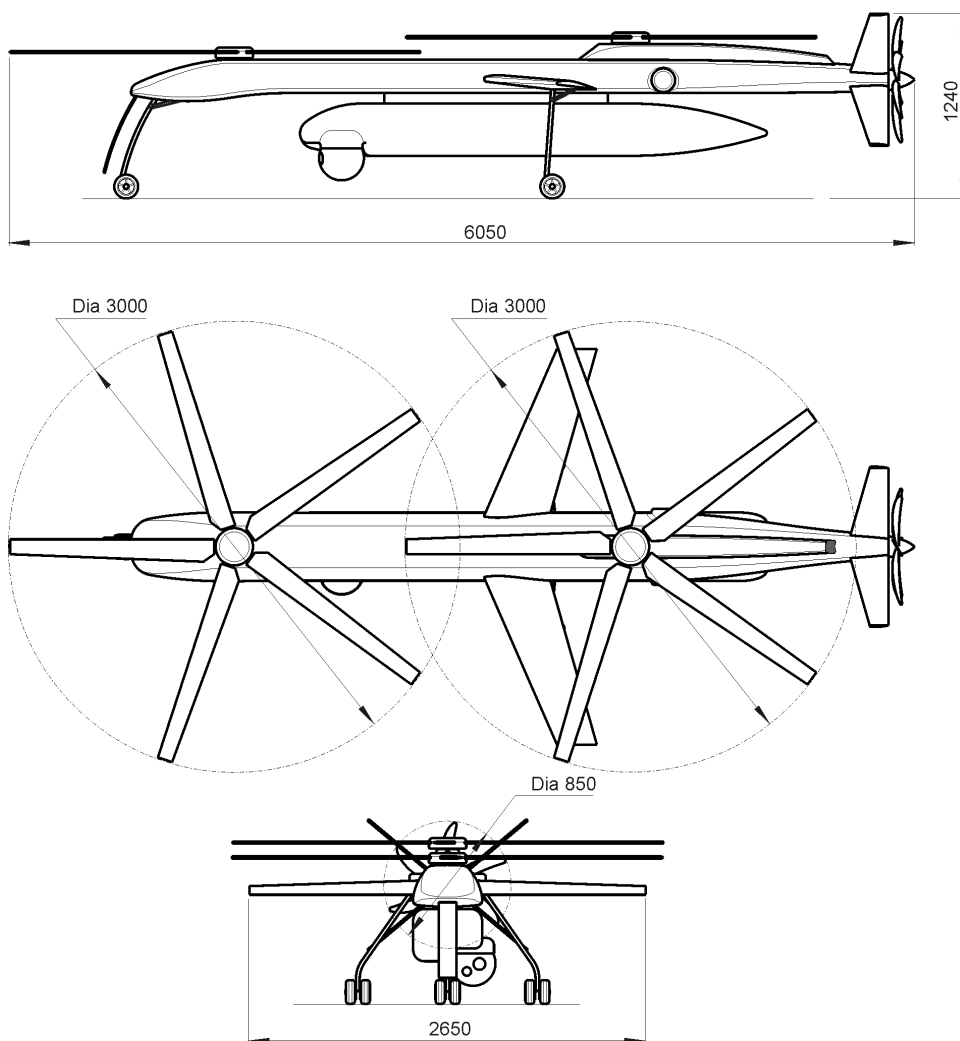


Рис. 14. Схема скоростного БПЛА

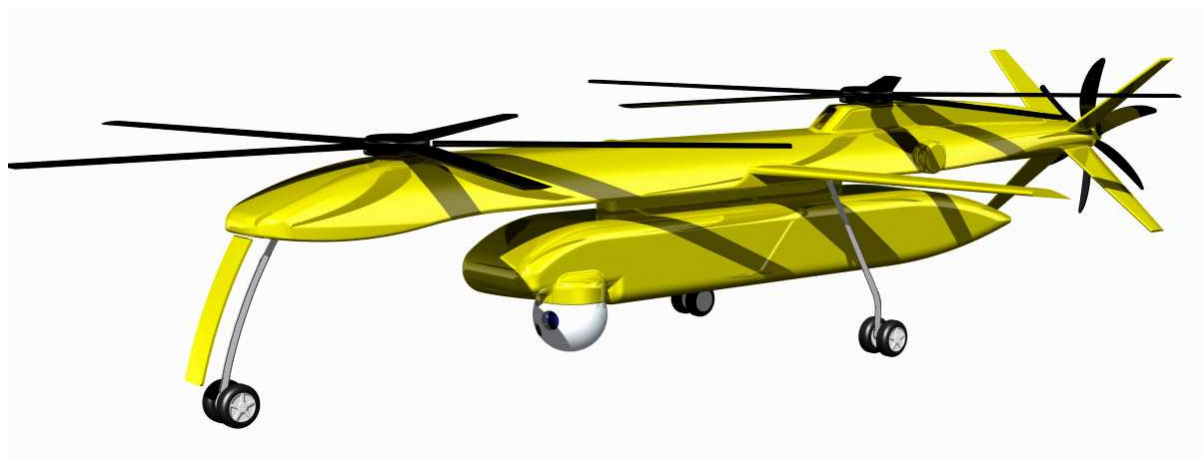


Рис. 15. Внешний вид скоростного БПЛА



Рис. 16. Внешний вид скоростного БПЛА

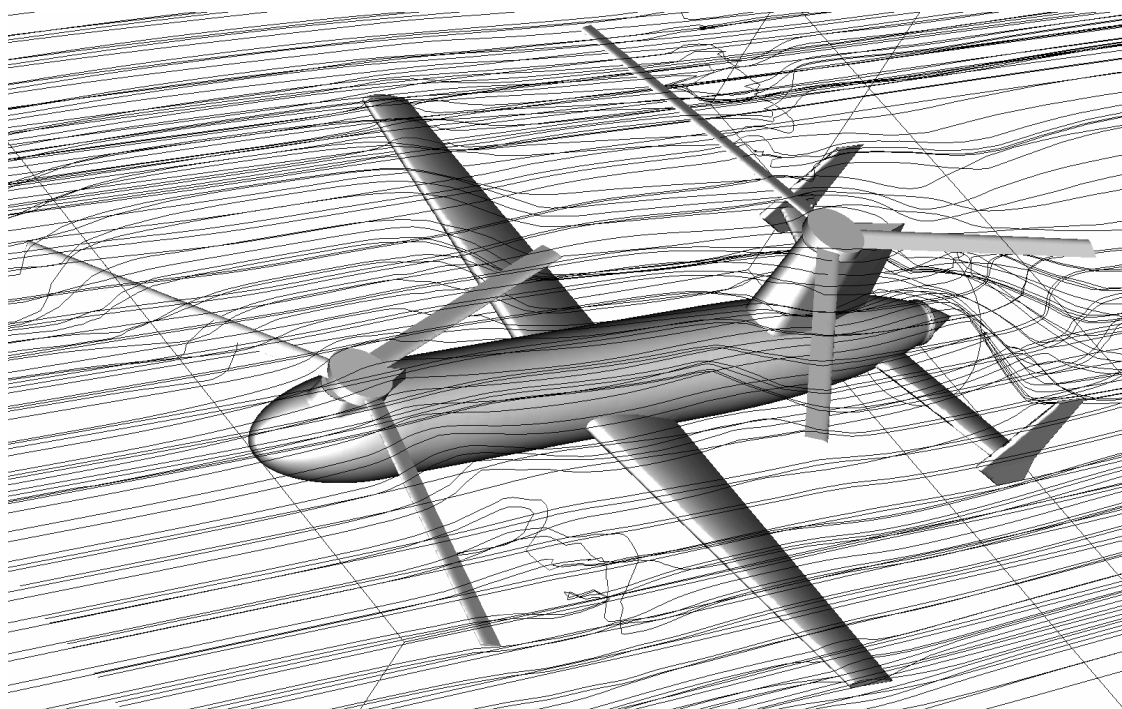


Рис. 17. Анализ течения воздуха для одного из вариантов перспективного БПЛА

Отработка основных решений перспективного БПЛА должна выполняться на испытательных стендах и масштабных демонстраторах технологий.

### Выводы

1. Проведен краткий анализ проблем совершенствования технических характеристик традиционных типов БПЛА;
2. Рассмотрены возможные пути преодоления выявленных технических противоречий.

3. Обоснованы схемные решения, позволяющие получить БПЛА эффективно сочетающий высокую скорость полета и возможность базирования на неподготовленных площадках минимальных размеров с достаточной транспортной эффективностью.

### Список литературы

1. Predator RQ-1 / MQ-1 / MQ-9 Reaper - Unmanned Aerial Vehicle (UAV), USA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airforce-technology.com/projects/predator/>
2. RQ-4 Global Hawk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airwar.ru/enc/bpla/rq4.html>
3. Разработка в США перспективных беспилотных летательных аппаратов для ВМС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pentagonus.ru/publ/36-1-0-377>
4. Американцы изменяют концепцию применения военной авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://news.students.ru/2008/03/10/amerikancy\\_izmenjat\\_koncepciju\\_primenenija\\_voennoj\\_aviacii.html](http://news.students.ru/2008/03/10/amerikancy_izmenjat_koncepciju_primenenija_voennoj_aviacii.html)
5. Evan A/ Fradenburgh. AIAA/AHS VTOL Research, Design, and Operations Meeting, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia/February 17-19, 1969. – 16 с.
6. Концепция создания автоматизированного беспилотного авиационного диагностического комплекса для контроля технического состояния трубопроводного транспорта / Гребеников А. Г., Белый В.Д., Мялица А.К. и др. // Технологические системы: – Киев: УкрНИИАТ. - 2001. - Вып. 5 (11).

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.В. Тюрев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 22.09.10

### Вживання схеми швидкісного вертольота для перспективних тактичних БПЛА

Проаналізовано сучасні шляхи удосконалення ЛТХ БПЛА. Обґрунтовано використання схеми швидкісного вертольота як перспективного напрямку вдосконалення БПЛА.

**Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, несучий гвинт, вертоліт, конвертоплан, аеродинамічна якість.

### Using of the high-speed helicopter scheme for perspective tactical UAV

Modern ways of improvement of UAV characteristics are analysed. Usage of the high-speed helicopter scheme as perspective direction of UAV perfection is proved.

**Keywords:** UAV, rotor, the helicopter, a convertiplane, lift-to-drag ratio.