

**ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ**

УДК 629.7

**СТРУКТУРА НАВИГАЦІЙНО-ПИЛОТАЖНОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*Скуднева О. В.*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,  
г. Москва, Россия*

*Рассматривается роль авиации в транспортировке грузов в удаленные от баз снабжения места работы промышленных предприятий и поселений. Дается обоснование целесообразности применения транспортного беспилотного и пилотируемого специального летательного аппарата для таких перевозок. Рассматриваются технические предложения об особенностях построения и структурной блок-схеме навигационно-пилотажной аппаратуры. Показано, что существующие пилотажно-навигационные системы позволяют строить навигационно-пилотажные комплексы для транспортных летательных аппаратов. Материалы статьи могут быть интересны разработчикам летательных аппаратов, работникам промышленных предприятий и организациям, занятым транспортировкой грузов.*

**Ключевые слова:** *навигационно-пилотажный комплекс, беспилотный летательный аппарат, транспортная авиация.*

**Вступление**

В настоящее время трудно представить перевозки грузов и техники без использования транспортной авиации. Железнодорожный, морской и речной транспорты и получивший широкое применение автомобильный транспорт не способны решить в полном объеме вопросы доставки грузов и техники в места назначения.

Как и в каждом виде транспорта, авиация, при своих значительных преимуществах перед другими видами транспорта, имеет существенные недостатки, среди которых:

- значительная стоимость грузоперевозок,
- необходимость поддержания летной годности летательных аппаратов (ЛА) – самолетов и вертолетов,
- наличие и поддержание в рабочем состоянии взлетно-посадочных полос и авиационных баз для техобслуживания и ремонта самолетов и вертолетов.

Особое место занимает необходимость иметь квалифицированные кадры пилотов, обладающих хорошим здоровьем, соответствующим требованиям летной службы и т.д.

Для военно-транспортной авиации (ВТА), которая непосредственно участвует в поддержании боевой готовности вооруженных сил, этот вопрос решен и самолеты ВТА, начиная со специального военно-транспортного самолета АН-8 (1959г.) и по сей день выполняют поставленные перед ними задачи и требования.

Сложнее дело обстоит с гражданской авиацией, особенно при перевозках незначительных по массе и габаритам грузов в труднодоступные места работы промышленных предприятий и в населенные пункты, удаленные от баз обслуживания. В то же время, работа предприятий газовой и нефтяной промышленности, предприятий лесного и сельского хозяйства, министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС), организаций гидро и метеослужбы немыслима без использования самолетов и вертолетов, которые в настоящее время должны выполнять отведенную им роль. Огромные территории, отсутствие дорог, значительная удаленность мест работы сотрудников промышленных предприятий и жителей поселений от баз снабжения не позволяют обеспечить оперативную доставку до места назначения людей и различных грузов - продуктов питания, техники, запасных частей для ремонта, средств химической обработки леса и др. Эта задача должна выполняться авиацией. Обнаружение районов лесных пожаров, районов запрещенной вырубki леса, обнаружение зараженных вредителями участков леса, контроль состояния посевов сельскохозяйственных культур и обнаружение площадей посева наркотических культур – мака и конопли, а также принятие соответствующих мер, должно выполняться с применением авиации. Кроме того, в обязанности авиации должен входить контроль населенных пунктов от наводнений, доставка лекарств, почты, поиск попавших в беду и заблудившихся, а также обнаружение браконьеров, их схронов и многое другое.

В целом, применение авиации в указанных выше целях - очень затратное и сложное дело. Многие предприятия не смогут себе позволить её использование без крайней необходимости.

Сложность использования авиации заключается в ограниченном количестве самолётов и вертолётov, в поддержании их исправности (летной годности), сложности техобслуживания из-за отсутствия запасных частей, дороговизны топлива, изношенности бортового оборудования, низкого уровня остаточного ресурса двигателей и др.

При этом необходимо учитывать отношение власти и руководства авиакомпаний, ориентированных на покупку импортной авиатехники, что, естественно, ещё больше усложнит и удорожит использование авиации в транспортных перевозках и приведёт к постепенной полной ликвидации отечественной авиатехники, которая сейчас эксплуатируется в российской глубинке.

Особое место занимает недостаток квалифицированных пилотов и технических кадров для техобслуживания самолетов и вертолетов.

В связи с этим, необходимо находить другие способы решения вопросов, стоящих перед авиацией, для ведения указанных работ - менее затратные и более эффективные.

В этой связи особый интерес может представлять применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различной грузоподъемности, дальности полетов, технической оснащенности, для их использования взамен самолетов и вертолетов.

В настоящее время в различных странах активно проводятся работы по созданию беспилотных летательных аппаратов, в основном, для военных целей [1 - 3]. Современный уровень техники значительно расширил возможности для создания БПЛА – за счёт развития электронной промышленности, наличия высокоточных спутниковых навигационных систем, миниатюризации элементной базы.

Современные БПЛА могут найти применение для контроля состояния лесных массивов, контроля вырубке леса обнаружения очагов пожаров и затоплений, благодаря использованию установленных на БПЛА фото и видеокамер. Очень эффективно БПЛА могут при этом позволить вести метеонаблюдения на различных высотах и значительных территориях, вести контроль ледовой обстановки в море, могут помочь экологам контролировать экологическую обстановку, определять наличие и вести счёт диких животных, рыбакам помочь обнаружить косяки рыб и пр.

По нашему мнению, широкое использование БПЛА в таких целях – это их ближайшая перспектива.

Следует ожидать, что процесс развития техники в 21-ом веке приведёт к созданию БПЛА более широкого назначения, в том числе к внедрению их в интересах промышленности и решения хозяйственных задач.

Во многих областях промышленности имеет место острая потребность в доставке грузов (продуктов питания, запасных частей, необходимого инструмента для поддержания исправности работающего оборудования, химических и технических средств для обработки леса и для пожаротушения, медицинского оборудования, газет, журналов и пр.) в удаленные места работы работников газо и нефтедобывающих предприятий, лесного хозяйства, в удаленные поселения рыбаков, скотоводов, геологов, метеорологов и др., в связи с отсутствием круглогодичных транспортных средств, кроме речных и морских судов, самолётов, вертолётов, что значительно усложняет доставку грузов и увеличивает стоимость их доставки.

Эти задачи можно решить созданием нового типа летательного аппарата - Транспортного БПЛА.

Создание Транспортных БПЛА, по нашему мнению, должно помочь решить народно-хозяйственные вопросы, способствовать повышению эффективности работы удаленных промышленных предприятий, повысить уровень жизни работников и местных жителей, увеличить объем поставок, снизить затраты на доставку грузов, повысить оперативность и надежность средств доставки.

Следует отметить, что наличие Транспортных БПЛА может помочь службам МЧС при выполнении работ в критических условиях. Так, в свое время наличие таких БПЛА в условиях Чернобыльской катастрофы могло бы спасти от болезней и гибели многих участников – ликвидаторов.

Необходимость в создании Транспортного БПЛА вызвана также завершением в ближайшее время выработки ресурса и срока службы у действующего парка самолетов и вертолетов местных воздушных линий, а также требованиями

внедрения международных норм по безопасности полётов, необходимостью поддержания технического состояния взлетно-посадочных полос (ВПП) по требованиям пассажирских норм, что дополнительно значительно усложняет решение транспортных перевозок в места, удаленные от базовых аэропортов.

Дефицит в высококлассных пилотах, вызванный их уходом с летной работы по возрастным и медицинским требованиям, сокращение выпуска и снижение качества подготовки пилотов из летных училищ дополнительно усложняет задачи использования авиации по транспортировке грузов общепринятым способом в удаленные места доставки.

### **Предложения по беспилотной транспортировке грузов**

В сложившихся условиях, по нашему мнению, следует рассмотреть следующие предложения по решению вопросов транспортировки грузов в удаленные от базовых аэропортов места доставки грузов:

- Использование Транспортных беспилотных летательных аппаратов.

Условный шифр Транспортного БПЛА – «БПЛА – ТАРАС» (Транспортный Аппарат Региональный Автономный Самолётного типа).

- Использование транспортных летательных аппаратов – самолётов, вертолётов с одним пилотом.

Техническая реализация и накопленный опыт полётов БПЛА военного назначения, опыт полетов беспилотных ЛА на основе использования боевых самолётов и вертолётов, имеющих ограничения к полётам строевых лётчиков из-за выработки срока службы и ресурса ЛА, подтверждает, по-нашему мнению, возможность создания Транспортных БПЛА массой до 3-5 тонн.

При создании Транспортного БПЛА, в связи с отсутствием на борту пилотов и пассажиров, коренным образом меняется подход к разработке конструкции БПЛА. Исчезают жесткие требования по теплоизоляции, герметизации, поддержанию комфортной температуры и влажности. Подлежат пересмотру по допустимым для конструкции летательного аппарата перегрузкам, вибрациям и т.д.

В настоящее время в России разработаны уникальные технологии получения высокопрочных армирующих нитей из сверх высокомолекулярного полиэтилена. Применение нового уникального материала обещает уменьшить массу планера в 2-2,5 раза. Материалы из таких нитей практически не впитывают воду, поэтому снижается риск обледенения и растрескивания их корпусов, а также может исключить необходимость иметь на борту противообледенительную систему (ПОС).

Все эти отличия требований по внешним воздействиям и использование новых технологий изготовления корпуса планера из сверхпрочных и сверхлегких материалов, позволит значительно увеличить грузоподъемность БПЛА в сравнении с пилотируемыми ЛА - самолетами и вертолетами.

Основными требованиями к навигационно-пилотажной аппаратуре для

Транспортных БПЛА и специальных транспортных ЛА с одним пилотом являются:

- высокая надёжность и точность аппаратуры;
- автономность работы в полёте при отсутствии (пропадании) коррекции от радиосредств и СНС;
- возможность взаимодействия с бортовой ЦВМ и современными, цифровыми и штатными аналоговыми приборами;
- минимальная масса и приемлемая стоимость систем.

При создании и эксплуатации летательных аппаратов - самолётов, вертолёт-ов, важная роль отводится решению навигационных задач - определению начального стояночного и текущего курса, определению скорости, высоты полёта, определению местоположения, программированию маршрута, решению задачи выхода с высокой точностью в промежуточные точки маршрута, для выполнения задач сброса груза, фото и радиоразведки пр.

Эти задачи на борту в штатном составе решает штурман или исполняющий его функции 2-ой пилот в составе экипажа воздушного судна. При этом в качестве датчиков навигационных параметров используются курсовые системы (КС), авиагоризонты (АГ), системы воздушных сигналов (СВС), радиовысотомеры малых и больших высот (РВ) радиосистемы ближней (РСБН) и дальней (РСДН) навигации и др.

В настоящее время с целью повышения точности навигации применяют спутниковые навигационные системы (СНС) - Глонасс, GPS, определяющие с высокой точностью навигационные параметры, за исключением курса ЛА.

К сожалению, СНС имеют низкую помехоустойчивость, и зоны их устойчивой работы не могут охватить все районы работы ЛА на отечественной территории и на территориях других стран.

Чтобы исключить зависимость от работы СНС, необходимо иметь наземные пульты управления (ПУ) ЛА на начальном пункте маршрута (НПМ) и на конечном пункте маршрута (КПМ), передающие команды на приемник команд (ПК) ЛА.

Необходимым требованием для безусловного выполнения задач сброса груза в место доставки или автономной посадки ЛА, в т. ч. в условиях плохой видимости и при неустойчивой работе СНС, является высокая точность определения курса - гирополукомпасного или истинного, что способна обеспечить высокоточная курсовая система. При этом желательно иметь разовую коррекцию местоположения от СНС или наличие на маршруте видимого наземного или радиоориентира при подлете к месту сброса или посадки.

На рис. 1 приведена структурная блок-схема навигационно-пилотажного комплекса транспортного летательного аппарата с автоштурманом и одним пилотом.

Навігаційні задачі вирішує автоштурман. Це бортова ЦВМ, вичисляюча необхідні пілоту дані на основі показань штатних датчиків навігаційних параметрів, отриманих від СНС, КС, ПК і заданих исходних даних від програматора маршрута (ПМ).

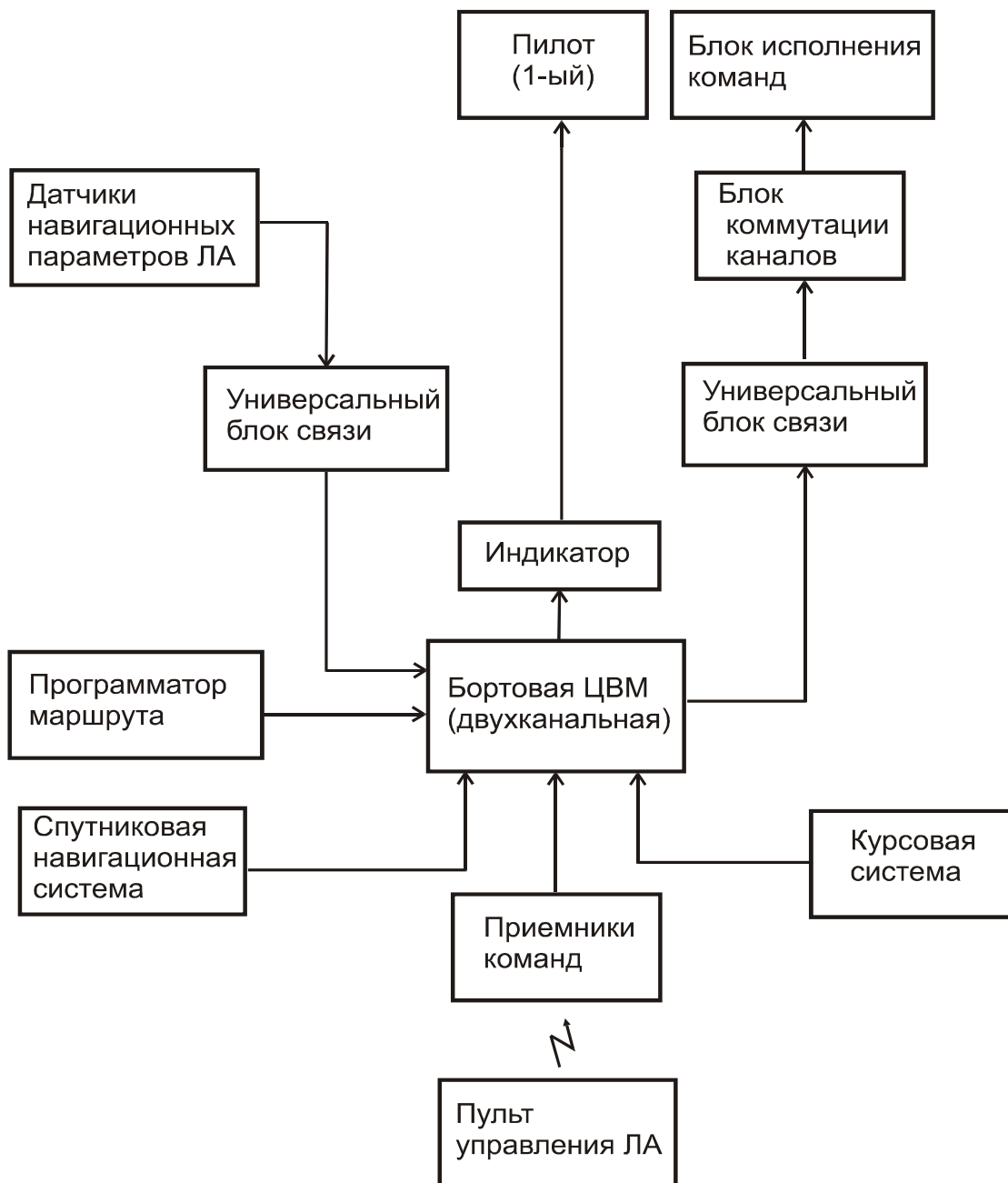


Рис. 1. Структурная блок-схема навигационно-пилотажного комплекса транспортного летательного аппарата с автоштурманом (с одним пилотом)

Пилот управляет ЛА по данным, рассчитанным ЦВМ.

Для Транспортного БПЛА структурная блок – схема навигационно-пилотажного комплекса отличается наличием второго (дублирующего) канала

автомата-навигатора, взамен контура управления связанного с пилотом, отсутствующим на БПЛА.

Сложность внедрения такого навигационного оборудования заключается в разработке и отладке программно-математического обеспечения (ПМО) - математических формульных зависимостей, алгоритмов и программы бортовой ЦВМ. Это решаемая инженерная задача, которая требует учёта всех условий и особенностей полёта специального пилотируемого ЛА с автоштурманом и условий и особенностей полета Транспортного БПЛА.

При этом следует отметить следующее.

Вопросы взлета и посадки на бетонную ВПП, при необходимом наземном обеспечении в базовых аэропортах, как и полёт по маршруту, успешно реализованы на беспилотных самолетах, оборудованных навигационно-пилотажным комплексом с ЦВМ. Задача заключается в переносе этих решений на Транспортные БПЛА.

Для Транспортных БПЛА взлёт и посадка с необорудованных площадок, полёт при отсутствии наземных средств обеспечения полётов, полёт в условиях неустойчивой работы СНС и других средств радиокоррекции задача трудновыполнимая, но решаемая.

На основании материалов статьи, подтверждающих необходимость использования БПЛА в интересах удаленных промышленных предприятий и населенных пунктов, в качестве транспортного средства, без которого трудно представить оперативную доставку широкого «ассортимента» грузов точно по адресу, а также в качестве средства контроля и учета состояния лесных массивов и средства контроля экологической обстановки, можно сделать следующие выводы.

### **Выводы**

В целях оперативной доставки грузов в удаленные от баз снабжения районы, учитывая современный уровень развития техники, значительные трудности технического и финансового обеспечения существующих в настоящее время транспортных работ, считать возможным и целесообразным рекомендовать создание Транспортного БПЛА.

Рассмотреть в качестве транспортного средства доставки грузов действующий парк ЛА и отработавшие ресурс пассажирских перевозок ЛА, с установкой дополнительно к штатной аппаратуре - точной курсовой системы, спутниковой навигационной системы, приемника команд и бортовой ЦВМ с программно-математическим обеспечением, что может позволить заменить работу 2-го пилота и штурмана.

### **Литература**

1. Казарьян Б. Беспилотники ВВС США / Б. Казарьян, А. Медведь // Крылья Родины. – 2012. – № 1 - 2. – С. 70 – 75.
2. Казарьян Б. Беспилотники ВВС США / Б. Казарьян, А. Медведь // Крылья Родины. – 2012. – № 3 - 4. – С. 114 – 119.

3. Казарьян Б. Беспилотники ВВС США / Б. Казарьян, А. Медведь // Крылья Родины. – 2012. – № 5. – С. 94 – 10.

*Надійшла до редакції  
12 березня 2014 року*

© Скуднева О. В., 2014

УДК 531.383

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ПОВОРОТА ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТУРА

*Аврутов В. В.*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,  
г. Киев, Украина*

*Описан косвенный метод определения угловой скорости вращения объекта, использующий измерение разности сопротивлений двух одинаковых круглых контуров с обратной схемой подключения. Данный метод может быть использован при создании электрических контурных гироскопов.*

*В основе метода лежит гипотеза об инвариантности скорости распространения электрического тока в одном контуре. Если выходной сигнал макета пропорционален угловой скорости основания, то масштабный коэффициент зависит от величины тока, числа витков и радиуса контура, удельного сопротивления материала проводника, а также площади поперечного сечения проводника и скорости распространения электрического тока.*

*Расчеты показывают реальность изготовления электрических контурных гироскопов.*

**Ключевые слова:** *электрический ток, электрический контур, сопротивление проводника, угловая скорость, контурный гироскоп.*

### **Введение**

Широкое распространение в наше время находят лазерные и волоконно-оптические гироскопы, принцип работы которых основан на эффекте Саньяка [1]. Так, если направить свет встречно по одному и тому же круговому оптическому пути, то оба световых луча пройдут путь одинаковой длины, если основание не вращается относительно инерциального пространства. Но с появлением вращения основания, при сложении лучей будет наблюдаться фазовый сдвиг между световыми волнами, который пропорционален величине угловой скорости основания.

И. Л. Бернштейн в 1950 году экспериментально подтвердил справедливость эффекта Саньяка для радиоволн [2]. Это послужило основой для создания ряда сверхвысокочастотных гироскопов [3].

Возможность использования инерции электромагнитного поля для измерения угловой скорости рассмотрено П. Фордером [4]. Выходной сигнал его гироскопа, построенного из замкнутого контура, параллельной или коаксиальной линии передачи, пропорционален импедансу цепи и переносной угловой скорости.