

УДК 629.7

Г.Е. Верб, С.Н. Щугарев, Б.А. Ивченко, П.А. Пономарев, М.В. Талесников

**СОВРЕМЕННЫЕ МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ
ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ИНТЕРЕСАХ СИЛОВЫХ
ВЕДОМСТВ**

Рассматриваются основные мировые тенденции развития воздухоплавательной техники на сегодняшний день. Выделено пять категорий воздухоплавательных аппаратов, разрабатываемых и применяемых сегодня в мире в интересах силовых ведомств: привязные аэростатные комплексы; классические пилотируемые дирижабли; беспилотные дирижабли для средних высот; беспилотные высотные аэростатические платформы; транспортные гибридные дирижабли.

В статье приведен сравнительный анализ основных типов воздухоплавательных аппаратов зарубежного и российского производства. Рассмотрены области их применения. В завершении статьи сделаны выводы относительно современных тенденций создания воздухоплавательных летательных аппаратов.

Воздухоплавательный летательный аппарат; привязной аэростатный комплекс; дирижабль.

G.E. Verba, S.N. Shchugarev, B.A. Ivchenko, P.A. Ponomarev, M.V. Talesnikov

**THE CURRENT WORLD TRENDS OF LTA IDUSTRY FOR ENFORCEMENT
AGENCIES**

The article considers the main trends of the world Lighter-Than-Air industry to date. The five categories of Lighter-Than-Air products developed and applied today in the world for the security agencies are determined: tethered aerostatic systems; classic manned airships, medium altitude unmanned airships, high-altitude unmanned aerostatic platforms, transport hybrid airships.

The article presents a comparative analysis of the main types of Russian and foreign Lighter-Than-Air products. Consider fields their applications. The article is completed by conclusions about the current trends to create Lighter-Than-Air products.

LTA aircraft; tethered aerostatic complex; airship.

В настоящее время ведущие мировые страны уделяют пристальное внимание воздухоплаванию и активно проводят масштабные практические работы по созданию воздухоплавательных летательных аппаратов (ВПЛА). На это выделяются значительные (сотни миллионов долларов) ассигнования, появляются перспективные разработки, проводятся испытания новых образцов, улучшаются характеристики ВПЛА, расширяется область, в которой возможна их надежная эксплуатация. Одновременно расширяется разнообразие целевых нагрузок и сфер применения аэростатических носителей.

Эти факторы совместно с хорошо известными преимуществами воздухоплавательной техники дают возможность широкого ее использования в интересах силовых ведомств ведущих мировых держав.

На сегодняшний день можно выделить следующие перспективные области использования воздухоплавательной техники в целях решения задач силовых ведомств:

- ◆ ведение наблюдения за наземными, морскими и воздушными целями;
- ◆ контроль воздушного пространства на больших расстояниях, радиолокационное обнаружение маловысотных малозаметных воздушных целей;
- ◆ обнаружение пуска ракет;

- ◆ обеспечение связи и ретрансляции на большие расстояния;
- ◆ ведение радиоэлектронной борьбы;
- ◆ радиоэлектронное подавление различных сигналов, включая сигналы спутниковой навигации;
- ◆ ведение всех видов радиоэлектронной, радиотехнической и радиоразведки;
- ◆ доставка войск и техники в заданные районы;
- ◆ организация надежного круглогодичного снабжения отдаленных объектов;
- ◆ поиск и обнаружение подводных лодок;
- ◆ обнаружение мин и составление карт минных полей;
- ◆ картографирование, высокоточная съемка рельефа обширных территорий.

Как показал анализ воздухоплавательных аппаратов, разрабатываемых и применяемых сегодня в мире в интересах силовых ведомств, их можно разделить на пять категорий: привязные аэростатные комплексы (ПАК); классические пилотируемые дирижабли; беспилотные дирижабли для средних высот; беспилотные высотные аэростатические платформы; транспортные гибридные дирижабли.

1. Привязные аэростатные комплексы. Мировая тенденция применения привязных аэростатных комплексов указывает на возрастающее значение аэростатов большого и сверхбольшого объема, что обусловлено следующими факторами:

- ◆ с увеличением размерности аэростата возрастает его стабильность и устойчивость к неблагоприятным погодным условиям. Аэростаты сверхбольшого объема являются практически всепогодными;
- ◆ благодаря большой грузоподъемности становится возможным интегрировать на борту таких комплексов многофункциональную полезную нагрузку, включающую в свой состав радары большой мощности, современные гиросtabilизированные оптико-электронные системы, средства радиоэлектронной борьбы и радиоэлектронной разведки, новейшие системы обнаружения и распознавания наземных, морских и воздушных целей, системы обнаружения пуска ракет и применения стрелково-пушечного вооружения противника;
- ◆ большая рабочая высота обеспечивает необходимую эффективную дальность работы всех систем многофункциональной полезной нагрузки, позволяет минимизировать «слепые» зоны в горной местности;
- ◆ более продолжительное время непрерывного боевого дежурства, по сравнению с другими авиационными средствами, а также аэростатами малого и среднего объема, обеспечивает постоянное и высокоэффективное решение всего возможного спектра задач в интересах вооруженных сил;
- ◆ ведущие мировые производители способны изготавливать аэростатные комплексы большого объема в мобильном исполнении. Это позволяет разместить весь комплекс наземного обеспечения (включая системы обслуживания и жизнеобеспечения персонала) на ходовых базах высокой проходимости, что обеспечивает возможность оперативной передислокации, т.е. в кратчайшие сроки разворачивать и ставить на боевое дежурство ПАК большого объема практически в любой географической точке при полном отсутствии наземной инфраструктуры.

Следует отметить, что создание аэростатных комплексов большого и сверхбольшого объема является сложной инженерной задачей, предполагающей высочайший уровень конструкторских кадров, наличие современных производственных мощностей и испытательной базы, применение новейших материалов и тех-

нологий, хорошо скоординированной кооперации предприятий – поставщиков и производителей как компонентов аэростата, так и полезной нагрузки.

Эти факторы обуславливают крайне небольшое количество предприятий, которые производят и успешно вводят в эксплуатацию подобные системы. На сегодняшний день практически есть только три мировых производителя: Lockheed Martin (США) [1, 2], TCOM (США) [2, 3] и ЗАО «Воздухоплавательный центр «Авгурь»» (Российская Федерация).

Таблица 1

Основные технические характеристики современных привязных аэростатных комплексов большого и сверхбольшого объема

Наименование ПАК	Основные технические характеристики ПАК			
	Объем, м ³	Высота боевого дежурства, м	Масса полезной нагрузки, кг	Продолжительность боевого дежурства на высоте, суток
<i>Lockheed Martin (США)</i>				
420К	12 000	4 600	900	30
74К	2 100	1 500	до 500	до 30
<i>TCOM (США)</i>				
74М	18 900	5 000	2 000	30
71М	16 000	4 600	1 600	30
38М	2 500	1 500	275	14
<i>ЗАО «ВЦ «Авгурь»» (Россия)</i>				
«Лев»	19 000	5 000	2 200	30
«Пума»	12 000	3 000	1 800	30
«Тигр»	4 000	3 000	200	15

Наряду с аэростатными комплексами большого и сверхбольшого объема, по-прежнему находят свое применение системы малого и среднего объема, в особенности при решении тактических краткосрочных боевых задач. Такие комплексы обеспечивают высокую оперативность развертывания и передислокации при относительно низких материальных затратах и минимальном количестве обслуживающего персонала. Список предприятий-производителей таких комплексов гораздо шире, чем для ПАК большого и сверхбольшого объема, однако качество и надежность продукции указанной выше тройки мировых лидеров, как правило, значительно превосходит аналоги, предлагаемые другими компаниями.

2. Классические пилотируемые дирижабли. Наиболее востребованными в настоящее время являются пилотируемые дирижабли среднего объема. Основным направлением развития такого типа аппаратов является улучшение их технических и эксплуатационных характеристик за счет оптимизации конструкции, применения новых материалов и современных технологий для изготовления оболочек, совершенствования пилотажно-навигационного оборудования и системы дистанционного управления полетом. Дирижабли, производимые лидерами отрасли, оснащаются дистанционной системой управления полетом и силовой установкой, позволяющей осуществлять изменение вектора тяги в широком диапазоне, что обеспечивает хорошую управляемость на всех режимах полета, включая полеты на малых скоростях и при зависании.

Таблица 2

**Основные технические характеристики современных
классических пилотируемых дирижаблей**

Наименование дирижабля	Основные технические характеристики			
	Объем, м ³	Максимальная скорость, км/ч	Количество экипажа/пассажиров	Максимальная высота полета, м
<i>Zeppelin NT-07</i> Luftschifftechnik Zeppelin Gmbh (Германия)	8 825	130	2/13	3 000
<i>A-60+</i> ABC (США)	1 900	85	2/5	3 000
<i>MZ-3A</i> ABC (США)	4 800	95	1/9	2 900
<i>Au-30</i> ЗАО «ВЦ «Авгурь»» (Россия)	5 250	100	1/9	2 500

Анализируя возможности применения таких аппаратов в интересах силовых ведомств прежде всего, необходимо назвать дирижабль мягкой схемы MZ-3A. Он является модификацией дирижабля A-170 компании American Blimp Corporation. Дирижабль MZ-3A находится на вооружении военно-морских сил США и предназначен для решения широкого круга задач.

Наиболее оснащенными современными дирижаблями среднего объема являются Zeppelin NT-07 (Luftschifftechnik Zeppelin Gmbh, Германия) и AU-30 (ЗАО «Воздухоплавательный центр «Авгурь»», Россия). Zeppelin NT-07 отличается наличием углепластиковой рамы, позволяющей продолжать полет даже при недостатке избыточного давления в оболочке, однако такая конструкция приводит к большим утечкам гелия, сложности и дороговизне обслуживания и эксплуатации [6]. AU-30 – это классический дирижабль мягкой схемы, имеет оптимальные эксплуатационные характеристики и является единственным в мире, способным выполнять полеты при температуре до минус 40 °С.

Современные дирижабли среднего объема применяются в основном в качестве носителей различного оборудования, позволяющего с высокой эффективностью решать следующие задачи:

- ◆ обнаружение мин и составление карт минных полей;
- ◆ картографирование;
- ◆ 3D-моделирование местности, высокоточную съемку рельефа обширных территорий;
- ◆ патрулирование и контроль территорий большой площади и протяженности;
- ◆ мониторинг и диагностика электрических линий, трубопроводов, автомобильных и железных дорог, водных артерий и акваторий, других объектов, расположенных на значительных площадях;
- ◆ патрулирование и охрана важных государственных объектов;
- ◆ поиск полезных ископаемых;
- ◆ обеспечение безопасности крупных общественных и спортивных мероприятий.

Серьезной задачей является обучение летного и технического персонала для эксплуатации и обслуживания дирижаблей. С этой целью наиболее целесообразно применять дирижабли малого объема, при этом желательно, чтобы они были ос-

нащены теми же системами, которые применяются на дирижаблях среднего объема. В этом смысле уникальным является двухместный дирижабль АУ-12 (ЗАО «Воздухоплавательный центр «Авгурь»», Россия) – единственный в мире дирижабль малого объема, оснащенный системой изменения вектора тяги.

АУ-12 первый и единственный в России дирижабль, на который Межгосударственный авиационный комитет (МАК) выдал Сертификат Типа.

3. Беспилотные дирижабли для средних высот. Основная область применения таких аппаратов – ведение многофункциональной воздушной разведки. Кроме того, такие аппараты могут быть успешно использованы для ведения радиоэлектронной борьбы, управления войсками, стать существенным элементом в системах раннего предупреждения об угрозах нападения различного рода.

Таблица 3

Основные технические характеристики проектов беспилотных дирижаблей для средних высот

Наименование проекта	Основные технические характеристики			
	Объем, м ³	Грузоподъемность, кг	Рабочая высота, м	Продолжительность дежурства, суток
<i>Blue Devil 2</i> TCOM (США)	42 000	2 000	6 000	5
<i>LEMV</i> Northrop Grumman (США)	38 000	1 200	6 000	21
<i>Беспилотная платформа «Сокол»</i> ЗАО «ВЦ «Авгурь»» (Россия)	10 400	500	5 000 – 7 000	10

Изучение многочисленных технических предложений и проектов по созданию таких аппаратов позволяет сделать вывод, что наиболее перспективным и быстрореализуемым направлением является модернизация существующих пилотируемых нежестких дирижаблей среднего объема. Такой подход дает возможность брать за основу уже созданные аппараты, что приводит к существенному уменьшению затрат и сокращению сроков создания модификаций в интересах вооруженных сил. Кроме того, путь создания беспилотных дирижаблей для средних высот на основе модернизации дирижаблей «нежесткой схемы» по сравнению с проектами гибридных беспилотных дирижаблей имеет ряд существенных преимуществ:

- ◆ значительно большая экономическая эффективность при одинаковых эксплуатационных качествах;
- ◆ малозаметность для средств обнаружения противника;
- ◆ относительная простота конструкции, эксплуатации и обслуживания;
- ◆ возможность быстрого расснаряжения, демонтажа и транспортировки наземным, морским или авиационным транспортом к району выполнения боевой задачи.

В России производится самый большой в мире нежесткий дирижабль – АУ-30, на основе которого в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами может быть создан беспилотный вариант. Этот проект получил рабочее название «Сокол» и активно прорабатывается специалистами ЗАО «Воздухоплавательный центр «Авгурь»».

Основным подтверждением верности такого подхода является появление стремительно развивающегося проекта «мягкого» аппарата Blue Devil 2, наряду с медленно и трудно реализуемым проектом гибридного аппарата LEMV [5].

4. Беспилотные высотные аэростатические платформы. Создание беспилотной высотной аэростатической платформы должно стать высокоэффективной заменой геостационарных спутников, позволит решить задачи противоракетной обороны и должно вывести на новый уровень телекоммуникацию и связь. Такие перспективы привлекают к проектам по созданию высотных аэростатических платформ (ВАП) пристальное внимание силовых ведомств крупнейших мировых держав и обсуждаются на правительственном уровне [7]. Однако многочисленные попытки реализации проектов ВАП компаниями, не имеющими опыта строительства и ввода в эксплуатацию дирижаблей, не приводят к сколь-бы то ни было ощутимым положительным результатам.

Таблица 4

Основные технические характеристики проектов беспилотных высотных аэростатических платформ

Наименование проекта	Основные технические характеристики			
	Объем, м ³	Грузоподъемность, кг	Рабочая высота, м	Продолжительность дежурства, месяцев
<i>Integrated Sensor Is Structure (ISIS) - прототип Lockheed Martin (США)</i>	120 000	-	21 000	1
<i>Стратосферный дирижабль «Беркут» ЗАО «ВЦ «Авгурь»» (Россия)</i>	200 000	1 000	20 000	6

Будущей ВАП предстоит работать продолжительное время (от нескольких месяцев до года) на высотах около 20 км, в условиях разреженной атмосферы, при крайне низких температурах и под воздействием интенсивного солнечного излучения. Всё это ставит перед конструкторами крайне сложные задачи, решение которых требует высочайшей квалификации и большого, накопленного десятилетиями, опыта.

Одной из сложнейших задач при строительстве ВАП является создание аэростатной оболочки, способной длительное время работать в экстремально жестких условиях. Несомненно, компании, которые имеют опыт изготовления оболочек для современных дирижаблей и ПАК сверхбольшого объема, работающих на высоте до 5 км, имеют наиболее реальные возможности для создания ВАП.

Другой важнейшей проблемой является создание системы энергоснабжения ВАП на основе тонкопленочных солнечных батарей, химических и электрохимических источников тока, перспективных электрических аккумуляторов, а также интеграция этой системы с гибридной силовой установкой на основе высокоэффективных электрических двигателей.

Оптимальной представляется поэтапная реализация такого проекта, когда на основе средневысотных беспилотных платформ отрабатываются основные технологические решения с постепенным введением новых агрегатов и систем. Именно такой подход реализуется в проекте стратосферного дирижабля «Беркут», который будет создаваться на основе беспилотного аппарата «Сокол».

Среди аналогичных зарубежных разработок необходимо выделить программу ISIS компании Lockheed Martin (США), которую патронирует Научно-исследовательское оборонное агентство США (DARPA).

5. Перспективные транспортные дирижабли. Возможность создания аэростатических летательных аппаратов большой грузоподъемности была доказана еще в 30-е годы прошлого века. Однако, несмотря на уникальные характеристики транспортных дирижаблей прошлого – большая (свыше 100 тонн) грузоподъемность, наибольшая для того времени дальность (на регулярной основе выполнялись межконтинентальные рейсы) и уникальная продолжительность полета (до сегодняшнего дня недостижимая для любых других летательных аппаратов) – они не нашли дальнейшего серьезного применения.

Это объясняется тем, что наряду с вышеперечисленными преимуществами, транспортные дирижабли прошлого имели ряд существенных недостатков: необходимость принимать на борт балласт при отдаче груза, большая парусность при относительно небольшой энерговооруженности (что обуславливало серьезные погодные ограничения для выполнения полета), невозможность осуществления взлета и посадки без сопровождения наземной команды.

Все это приводило к тому, что приходилось создавать сложную и громоздкую инфраструктуру для обеспечения взлета-посадки, организации стоянки, хранения и обслуживания этих аппаратов. Кроме того, режим флюгирования при стоянке на земле классических дирижаблей достаточно часто не обеспечивал необходимую безопасность. Поэтому для предотвращения повреждения или разрушения при неблагоприятных погодных условиях, аппараты необходимо было заводить в ангары. Разумеется, строить ангары во всех возможных точках приземления дирижаблей не представляется возможным.

На сегодняшний день все ведущие мировые производители пришли к выводу о том, что необходимо отказаться от классической концепции и перейти к созданию гибридных аэростатических транспортных летательных аппаратов. Эта тенденция подтверждается материалами последней конференции, проведенной Всемирной дирижабельной ассоциацией в октябре 2010 г. в г. Бедфорд (Великобритания), где даже компания Zepelin, всю свою деятельность посвятившая созданию классических дирижаблей, заявила о необходимости перехода к гибридной схеме.

Современные материалы, технологии и оригинальные инженерные решения позволяют создать гибридные аэростатические летательные аппараты, которые при сохранении естественных преимуществ отличаются отсутствием вышеупомянутых недостатков.

В настоящее время проектированием гибридных летательных аппаратов занимаются четыре компании: ЗАО «Воздухоплавательный центр “Авгурь”» (Россия), Worldwide Aeros (США), Northrop Grumman (США) и Lockheed Martin (США). Northrop Grumman [5] заявляет о намерении создать транспортную версию гибридного дирижабля в рамках программы LEMV, однако в настоящее время испытывает серьезные трудности с реализацией проекта по основному (беспилотная разведывательная платформа) направлению. Lockheed Martin, в лице своего подразделения Skunk Work построил летающий прототип – P-791 и столкнулся с значительными сложностями в его эксплуатации, особенно при выполнении взлета и посадки. В результате переход к созданию транспортного аппарата Sky Tug отложен на неопределенное время. Следует отметить, что оба проекта базируются на концепции Sky Cat (ATG), предполагающей многокорпусную мягкую оболочку. Вызывает серьезные сомнения способность таких аппаратов осуществлять полеты в сложных погодных условиях, что вероятнее всего и является основной причиной проблем вышеуказанных проектов.

Наиболее значительно в направлении создания транспортных аэростатических летательных аппаратов продвинулись два мировых производителя – Worldwide Aeros и ЗАО «Воздухоплавательный центр “Авгурь”». Ключевым техническим решением у обеих компаний является применение инновационной балластировочной системы, позволяющей управлять всплывной силой аппарата без принятия на борт жидкого или твердого балласта. Кроме того, корпус жесткого типа и оригинальные решения по его форме и конструкции позволяют обеспечить круглогодичную безлинговую эксплуатацию дирижаблей нового поколения, отказаться от организации флюгирования на стоянке, исключить сопровождение наземной командой. Однако при общей схожести проектов Aeroscraft (Aeros) [4] и АТЛАНТ (Авгурь), следует отметить и существенное различие.

Конструкция Aeroscraft предполагает взлет и посадку с заранее подготовленных площадок, в то время как АТЛАНТ проектируется, прежде всего, для эксплуатации в районах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера и будет способен взлетать и садиться на любую поверхность, включая водную, тонкий лед или болотистую местность. Все это должно сделать АТЛАНТ незаменимым инструментом для решения следующих задач:

- ◆ оперативная доставка живой силы и техники в любую необходимую географическую точку;
- ◆ организация аэромобильного полнофункционального командного штаба;
- ◆ организация аэромобильного госпиталя;
- ◆ выполнение уникальной транспортной работы в районах со слабо развитой или отсутствующей наземной инфраструктурой;
- ◆ организация надежного круглогодичного снабжения отдаленных объектов, включая находящиеся в Арктике.

Таблица 5

Основные технические характеристики проектов транспортных дирижаблей

Наименование проекта	Основные технические характеристики				
	Длина, м	Высота полета, м	Крейсерская скорость, км/ч	Максимальная грузоподъемность, т	Дальность полета, км
LEMV-Heavy Northrop Grumman (США)	110	до 2 700	145	50	до 2 200
SkyTug Lockheed Martin (США)	90	до 3 000	145–180	20–30	до 2 700
Aeroscraft Worldwide Aeros (США)	130	до 3 000	160	60	до 5 600
Атлант-30 ЗАО «ВЦ “Авгурь”» (Россия)	75	до 3 000	140	16	до 4 000
Атлант-100 ЗАО «ВЦ “Авгурь”» (Россия)	110	до 3 000	140	60	до 6 000

В заключение можно сделать еще несколько общих выводов относительно современных тенденций создания ВПЛА:

1. Конструктивные решения, применяемые при разработке перспективных ВПЛА, должны расширять диапазон эксплуатационных характеристик. В связи с этим необходимо повышение рабочего давления агрегатов воздушно-газовой системы, создание тканепленочных материалов для мягких оболочек с высокой удельной прочностью и низкой газопроницаемостью, а также создание жестких оболочек ВПЛА на основе композиционных материалов.

2. Комбинированные (гибридные) ВПЛА с управляемой плавучестью, несмотря на больший коэффициент лобового сопротивления, имеют ряд преимуществ по сравнению с дирижаблями классической схемы. Так, аппараты серии АТЛАНТ предназначены для использования в неблагоприятных климатических условиях в регионах с отсутствующей транспортной инфраструктурой, в том числе аэродромов и дирижабледромов. Это делает ВПЛА данного типа практически базальтернативными для решения многих задач в интересах силовых ведомств.

3. Дирижабли и привязные аэростаты (при условии создания отлаженной эксплуатационной службы и наземной инфраструктуры) имеют ощутимые преимущества как по стоимости, так и по вероятности выполнения задачи, по сравнению с вертолетами и самолетами, выполняющими аналогичные функции.

Также на основании проведенного анализа можно утверждать, что ВПЛА всех пяти категорий целесообразно разрабатывать с целью оснащения ими перспективного воздухоплавательного сегмента Вооруженных сил РФ, созданию которого последнее время уделяется достаточно пристальное внимание.

При условии привлечения необходимого финансирования, выполнения НИОКР по разработке критических технологий и заимствования опыта лучших зарубежных фирм, представляется вполне реальным создание и серийное производство на отечественных предприятиях всех вышеперечисленных типов ВПЛА в интересах Министерства обороны РФ и других российских силовых ведомств. Весь типоразмерный ряд ВПЛА для перспективного воздухоплавательного сегмента Вооруженных сил РФ может быть реализован на базе разработок ЗАО «Воздухоплавательный центр «Авгурь»».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. www.lockheedmartin.com/us/products/lighter-than-air-vehicles.html.
2. www.designation-systems.net/dusrm/app4/aerostats.html.
3. www.tcomlp.com.
4. www.aerosml.com.
5. www.as.northropgrumman.com/products/lemv/index.html.
6. Zeppelin NT Description and Landing Techniques. – Airship № 108, June 1995. – P. 11-20.
7. Recent Development Efforts for Military Airships. - Congress of the United States, Congressional Budget Office, November 2011.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.М. Жербин.

Верба Геннадий Ефимович – ЗАО «Воздухоплавательный центр «Авгурь»»; e-mail: info@rosaerosystems.com; 125315, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 68, стр. 16; тел.: 84959897425; председатель Совета директоров; член Международной дирижабельной ассоциации.

Щугарев Сергей Николаевич – к.т.н.; академик Российской Академии космонавтики.

Ивченко Борис Александрович – к.т.н.; заместитель Генерального директора; главный конструктор – начальник КБ.

Пономарев Павел Ардалионович – к.т.н.; заместитель Генерального директора – директор по государственным программам.

Талесников Михаил Валентинович – заместитель Генерального директора – коммерческий директор; член Международной дирижабельной ассоциации.

Verba Gennady Efimovich – Augur Aeronautical Centre; e-mail: info@rosaerosystems.com; 68, Leningradsky avenue, bld. 16, Moscow, 125315, Russia; phone: +74959897425; International Airship Association member; Chairman of the Board.

Shchugarev Sergey Nikolaevich – cand. of eng. sc.; academician Russian Academy of cosmonautics.

Ivchenko Boris Aleksandrovich – cand. of eng. sc.; deputy General director – chief designer – head of the Design Bureau.

Ponomarev Pavel Ardalionovich – cand. of eng. sc.; deputy General director – government relations director.

Talesnikov Mikhail Valentinovich – International Airship Association member; deputy General director – commercial director.

УДК 629.73.015:533.6:519.711.3

В.Х. Пшихопов, Н.Е. Сергеев, М.Ю. Медведев, А.Е. Кульченко

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МИНИ-ВЕРТОЛЕТА CALIBER V90

Приводится постановка задачи идентификации параметров мини-вертолета в рамках проекта создания роботизированного вертолетного комплекса. Рассматриваются план проведения экспериментального исследования и алгоритмы постобработки данных. Предлагаются алгоритмы оценивания центра масс и сил, и моментов, действующих на вертолет. Также предлагаются методы фильтрации и сглаживания экспериментальных данных. Приводится процедура определения указанных параметров вертолета по результатам экспериментального взлета и посадки вертолета. Проведенный анализ показал необходимость увеличения частоты измерений и фильтрации вибрационных шумов для повышения точности определения параметров.

Робот; вертолет; идентификация; алгоритмы обработки; экспериментальное исследование.

V.Kh. Pshihopov, N.E. Sergeev, M.Y. Medvedev, A.E. Kulchenko

APPROACH FOR DATA PROCESSING IN THE PROBLEM IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF MINI-HELICOPTER CALIBER V90

In this paper, we present a problem identification of helicopter parameters for robotics project. Paper presents scenarios of experiments and post-processing approach for data. We describe the approaches for estimation of center of inertia, moments and forces which effect on a helicopter. There are described approaches of filtering and smoothing for experimental data and procedure of helicopter parametric identification, which based on take-off – landing mode, as well. Analysis showed what increasing of measurement rate and noise/vibration filtering are needed to improve parametric identification.

Robot; helicopter; identification; data processing algorithm; experiment.

Введение. Проведение экспериментального исследования является обязательным этапом в создании системы управления роботизированного вертолета. В работах [1–4] были рассмотрены задачи, связанные с теорией вертолета, численным моделированием, некоторыми алгоритмами. Однако для использования системы управления с позиционно-траекторным управлением необходимо иметь корректную математическую модель [7, 9, 11, 12]. В этой связи целью эксперимента является идентификация параметров мини-вертолета. Задачи эксперимента состоят в следующем: