

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИРИЖАБЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

И.Н. Куликов

Канд. воен. наук, доцент И.Н. Куликов
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В настоящей статье представлены потенциальные возможности реализации пилотируемых воздухоплавательных систем в интересах решения задач поиска и спасания космических экипажей, а также проведения транспортно-логистического обеспечения деятельности удаленных объектов космической инфраструктуры, включая космодром Восточный. Предлагаемая к рассмотрению технология базируется на успешных результатах создания и эксплуатации современных российских дирижаблей, а также учитывает многолетний мировой опыт применения пилотируемых воздухоплавательных комплексов в сфере авиационного транспорта, обороны, промышленности и туризма.

Ключевые слова: дирижабли, воздухоплавательные пилотируемые системы, поиск и спасание космических экипажей, стоимость летного часа, космодром Восточный.

Use of Airships in Human Space Exploration. I.N. Kulikov

The article presents the potentialities of manned aeronautical systems in the context of search and rescue of space crews, as well as transport and logistics support for the operation of distant space infrastructure, including Vostochny cosmodrome. The considered technology is based on the results of successful creation and operation of modern Russian airships taking into account the long term worldwide experience in the use of manned aeronautical systems in the fields of aviation transport, military defense, manufacturing and tourism.

Keywords: airships, aeronautical manned systems, search and rescue of space crews, cost per flight-hour, Vostochny cosmodrome.

Решение задач поисково-спасательного обеспечения (ПСО) пусков и приземлений пилотируемых космических кораблей осуществляется по сложной многоэлементной схеме. Она включает в себя космическую, авиационную, наземную и морскую компоненты, реализуемые на основе единого информационно-координатного пространства в различных климатогеографических зонах на суше и водных акваториях. Главным показателем эффективности данной схемы является своевременность поиска и безопасной эвакуации космонавтов после планового или аварийного приземления (приводнения) спускаемого космического аппарата. При этом, важнейшими условиями данного события, наряду со штатным срабатыванием всех систем

и механизмов космического корабля, является его точное обнаружение на этапе снижения и посадки, а также оперативное прибытие специальной аэромобильной группы со средствами транспортировки и эвакуации членов экипажа пилотируемого космического аппарата (ПКА).

Ввод в промышленную эксплуатацию космодрома Восточный и начало регулярных пилотируемых космических пусков потребует значительно изменения сложившейся схемы поисково-спасательного обеспечения, успешно отработанной и оптимизированной в результате многолетней успешной эксплуатации космодрома Байконур. Решение указанной задачи должно быть основано не только на усилении авиационной и морской группировок ПСО, развертывании новых баз и аэродромов, но и на комплексном изменении самой идеологии поиска и спасания в условиях Восточной Сибири и акватории морей Тихого океана.

Пилотируемые воздухоплавательные дирижабельные системы

Обладая рядом феноменальных преимуществ перед наземным и морским транспортом, авиационная техника, применяемая в интересах ПСО пилотируемых космических полетов, тем не менее имеет ряд особенностей. Современные самолеты, используемые для перевозки личного состава и специальной техники, а также воздушного патрулирования, не располагают возможностью эксплуатироваться с неподготовленных аэродромных площадок (аэродромов определенного класса), обладают ограниченным временным ресурсом непрерывного нахождения в воздухе и не могут осуществлять полеты в режиме «зависания». Вертолеты, в том числе тяжелые, имеют существенные ограничения по грузоподъемности, дальности и продолжительности полета и также часто требуют сложной дорогостоящей наземной обеспечивающей инфраструктуры.

В авиационном мире существуют уникальные системы, которые, с одной стороны, лишены недостатков, присущих большинству летательных аппаратов, а с другой – обладающие тактико-техническими характеристиками, недостижимыми для самой современной самолетной и вертолетной техники. Такими авиационными системами, исторически имеющими определенную внутреннюю классификацию, являются дирижабли (от фр. *dirigeable* – управляемый).

Международный опыт эксплуатации дирижаблей в XX веке и инновационные решения в области создания таких авиационных систем в нынешнем столетии, реализуемые как за рубежом, так и в Российской Федерации [1, 2, 3], позволяют говорить об огромном неиспользованном потенциале воздухоплавательной техники. Помимо того, что данный вид транспорта объективно является наиболее экологически чистым, экономичным и безопасным, его компоненты были ранее эффективно и широко внедрены в следующих сферах:

а) *обороны и безопасности*, когда в Первую и Вторую Мировые войны, а также в послевоенный период дирижабли использовались в качестве ударно-разведывательных авиационных систем, комплексов дальнего морского патрулирования, связи, а также транспортного обеспечения [4];

б) *регулярных коммерческих пассажирских перевозок*, включая трансатлантические, тихоокеанские и арктические маршруты (рис. 1);

в) *решения научно-прикладных и исследовательских задач*, в том числе, в области топографо-геодезического обеспечения, аэрогеодезии, аэрогравиметрии, экологического мониторинга и инженерных изысканий (рис. 2);

г) *рекламы, туризма, развлечений и популяризации достижений современного воздухоплавания*.



а) Британский дирижабль R-101 (1930 г.) б) дирижабль-авианосец «Мэйкон» США (1933 г.) в) LZ-129 над Нью-Йорком (1937 г.)

Рис. 1. Использование дирижаблей в военных целях и для межконтинентальных пассажирских авиаперевозок



Рис. 2. Дирижабли AU-30, выполнявшие дистанционный аэромониторинг высоковольтных линий электропередачи в РФ в 2007–2009 гг.

Комплексный анализ различных вариантов решения задач аэродинамической конструкции дирижабля, его газового (гелиевого) объема и жесткости оболочки, вариантов реализации силовой установки и общих габаритов воздушного судна с учетом возможности его постройки и эксплуатации с использованием отечественной материально-технической базы и целевого назначения летательного аппарата позволяет сделать выбор рациональной модели дирижабля, обладающей необходимыми характеристиками для решения задач ПСО и обеспечения транспортных перевозок в интересах обеспечения деятельности космодрома Восточный. На рис. 3 показан внешний вид, а в табл. 1 представлены параметры такой системы [5, 6].

Таблица 1

Расчетные характеристики пилотируемого гибридного газового дирижабля полужесткой конструкции с системой подогрева воздуха и дизельными ДВС

№ п/п	ТТХ дирижабля	«Базовый» дирижабль	«Высотный» дирижабль
1	Масса взлетная полная, максимальная, <i>t</i>	55	50
2	Масса конструкции (сухая), <i>t</i>	28	26
3	Полезная нагрузка максимальная / нормальная, <i>t</i>	15/8	10/5
4	Запас топлива максимальный, <i>t</i>	20	16
5	Запас топлива (при нормальной полезной нагрузке), <i>t</i>	до 15	до 15
6	Пассажиры, члены кабинного экипажа, чел.	10–50	10–50
7	Объем оболочки, <i>м³</i>	60 000	60 000
8	Объем гелиевой оболочки, <i>м³</i>	45 000	33 000
9	Размеры оболочки: длина / диаметр, <i>м</i>	120 / 30	120 / 30
10	Высота полная / ширина полная, <i>м</i>	38 / 32	38 / 32
11	Гондола: длина / ширина / высота, <i>м</i>	29 / 3 / 6	29 / 3 / 6
12	Максимальная высота полета, <i>м</i>	2000	4500
13	Скорость максимальная, воздушная, <i>км/ч</i>	150	150
14	Скорость крейсерская, воздушная, <i>км/ч</i>	105	105
15	Дальность с нормальной полезной нагрузкой и с воздушной скоростью 100–110 <i>км/ч</i> , <i>км</i>	6000	6000
16	Дальность патрулирования с полезной нагрузкой 3–4 <i>t</i> , на воздушной скорости 90–100 <i>км/ч</i> , <i>км</i>	9000	8000
17	Силовая установка ДВС: двигатели (дизельные), <i>л. с.</i>	4 x 500	4 x 500
18	Диаметр воздушного винта, <i>м</i>	3,6	3,6
19	Общий расход топлива на крейсерском режиме, <i>кг/ч</i>	менее 250	менее 250
20	Максимальная скорость ветра: взлет-посадка / полет, <i>м/с</i>	15/29	15/29
21	Максимальное время патрулирования, <i>ч</i>	80	72

Основными преимуществами дирижаблей указанного класса перед другими авиационными системами при решении задач ПСО являются:

- большая грузоподъемность и дальность беспосадочных полетов;
- более высокая надежность и безопасность;
- значительно меньший, чем у самолетов и вертолетов, удельный расход топлива и, как следствие, меньшая стоимость одного летного часа в расчете на пассажиро-километр или единицу массы перевозимого груза;
- большие полезные площади (объемы) внутренних помещений воздушного судна;
- длительность нахождения в воздухе может измеряться несколькими сутками;
- дирижаблю не требуется взлетно-посадочная полоса, а необходима только причальная мачта (стационарная или мобильная).

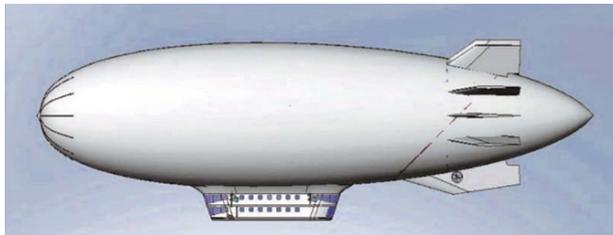


Рис. 3. Внешний вид инновационного патрульно-транспортного дирижабля

Указанные преимущества дирижаблей могут быть реализованы и в других областях, в частности: для доставки по воздуху крупных негабаритных грузов (как в гондоле воздушного судна, так и на внешней подвеске) от исходного пункта транспортно-логистического маршрута непосредственно к потребителю, избегая известной современной транспортной проблемы, так называемой «последней мили». Дирижабли эффективны в сфере авиационного обеспечения служебных перевозок личного состава, при осуществлении воздушного мониторинга, при проведении работ по ретрансляции связи и управлению наземными группировками, в том числе, при ликвидации последствий стихийных бедствий.

Характеристика дальневосточного региона и параметры перспективной системы ПСО

Регион запуска пилотируемых космических аппаратов с космодрома Восточный характеризуется рядом существенных особенностей по сравнению с топологией космодрома Байконур. На рис. 4 представлена потенциальная территория ПСО и виды возможных трасс запуска космических аппаратов с космодрома Восточный, характеризующие области падения отдельных частей ракеты-носителя и возможные зоны аварийного приземления (приводнения) посадочных модулей ПКА [7, 8, 9].



Рис. 4. Пространственные характеристики региона космодрома Восточный

Анализ физико-географических характеристик региона позволяет сделать выводы о том, что, в зависимости от угла наклона траектории полета ракеты, указанные районы падения преимущественно будут находиться либо в удаленной горной местности Дальневосточного федерального округа, либо в границах Охотского или Берингова морей. Таким образом, перспективная система ПСО космодрома Восточный должна обеспечивать регулярный контроль, надежный поиск и спасание космических экипажей, а также возможную эвакуацию отделяемых частей ракеты-носителя с территории общей площадью около $6\,000\,000\text{ км}^2$, большая часть которой реально представляет собой труднодоступные и неосвоенные районы Дальнего Востока и открытые морские акватории.

Для организации системы поиска и спасания на основе авиационной дирижабельной компоненты предлагается выполнить:

- постройку до 10 дирижаблей, представленных в таблице 1, из них до половины воздушных судов должны быть в «высотном» варианте (указанное количество дирижаблей определяется потенциальной длиной маршрута дежурства, оптимальными возможностями по созданию данной авиационной системы в период до 2024 года, а также географическими особенностями региона);
- развертывание не менее двух оперативных аэродромных площадок базирования дирижаблей (на космодроме Восточный, а также на Сахалине либо Камчатке, с целью увеличения возможностей охвата потенциальной территории поиска и спасания);
- укомплектование дирижаблей необходимым количеством специалистов (включая летный и cabinный экипажи, спасателей, прочий персонал) и спасательной техникой на основании нормативов, регламентирующих деятельность системы ПСО пилотируемых космических кораблей и исходя из нормальной (максимальной) грузоподъемности воздушных судов.

Обеспечение выдвижения дирижаблей в районы (зоны) дежурства в заданное время и их воздушное патрулирование должно проводиться исходя из общей располагаемой продолжительности полета дирижаблей и их крейсерской скорости, а организация дежурства на аэродромах в заданной степени готовности должна осуществляться в соответствии с фактически и прогнозируемыми метеоусловиями (температура наружного воздуха у земли и на высоте полета, нижний край облачности, направление и скорость ветра, опасные явления погоды).

Осуществление выхода дирижаблей в районы приводнения (приземления) и начало эвакуации членов космического экипажа достигается с заданной точностью и оперативностью (для 8–9 патрульных дирижаблей на плече дежурства до 3000 км от места космического старта) и составляет не более одного часа.

Непосредственное выполнение спасательных работ и последующая доставка людей и оборудования по воздуху в заданные места дислокации, оснащенные авиационной инфраструктурой (на промежуточные площадки либо на космодром Восточный), может осуществляться как штатным способом транспортировки спускаемого аппарата вместе с экипажем на внешней подвеске дирижабля, так и методом эвакуации космонавтов непосредственно с водной поверхности (рис. 5 и 6).

Возможности силовой установки воздушного судна позволяют осуществлять безопасный подъем любых грузов с поверхности суши и моря весом от 6000 кг и выше в зависимости от собственного перетяжеления дирижабля, определяемого массой выработанного топлива и настройкой системы балластирования. Указанный метод эвакуации использовался при проведении спасательных работ с помощью вертолета Ми-8 в ситуации аварийного приводнения спускаемого космического аппарата «Союз-23» (космонавты В. Зудов и В. Рождественский) на поверхность озера Тенгиз [10].



Рис. 5. Спасание космонавтов методом подъема с водной поверхности



Рис. 6. Эвакуация спускаемого аппарата на внешней подвеске

Расчеты показывают, что мобильность рассматриваемой универсальной дирижабельной системы в несколько раз выше, чем у наземных и морских транспортных средств. Она может применяться в любых географических условиях без существенного изменения комплектации. При этом, как указывалось ранее, система является многофункциональной и обеспечивает не только доставку специалистов-спасателей к месту падения (приземления, приводнения) летательных космических аппаратов и их эвакуацию, но и решение задач транспортировки крупных спасательных средств (включая морские, горноспасательные, ледовые и пр.), радиолокационного и тепловизионного обнаружения, ретрансляции и связи, медицинского и иных видов обеспечения.

Дирижабли – условно всепогодные воздушные суда, на которые распространяются те же основные ветровые и температурные ограничения, что установлены для современной самолетной и вертолетной техники. Дирижабли, как правило, – это летательные аппараты внеангарного базирования, которые могут эксплуатироваться днем и ночью, в метеорологических условиях полета, взлета и посадки по приборам, недостижимых для т.н. «традиционной авиации», включая «нулевую видимость» в тумане и дымах от лесных пожаров. Использование негорючего несущего газа гелия, современных метеолокаторов, систем спутникового позиционирования, трансляции и приема данных о фактической погодной обстановке непосредственно с борта космических метеорологических спутников позволяет нивелировать большинство из тех ограничений, которые накладывались на дирижабли в середине XX века и становились, в ряде случаев, причиной их аварийности.

Нельзя не сказать об основных особенностях дирижабельных систем, которые потребуют организационного и технического разрешения с учетом

развития современных возможностей авиационных и цифровых технологий, а также российского законодательства.

1) Высокая потенциальная продолжительность времени полета данных воздушных судов потребует внесения изменений в «Нормативы рабочего времени, полетного времени и времени отдыха экипажей воздушных судов гражданской авиации», а также организации смены и отдыха пилотов и штурманов на борту дирижаблей в полете.

2) Разработка новой гибридной силовой установки на базе газотурбинных двигателей (ГТД) с системой регенерации тепла (теплообменником) и электрическими приводами воздушных винтов позволит увеличить производительность и экономичность движителя дирижабля данного класса, а значит дальность и продолжительность его полета на 30–40 %.

3) Потребуется создание современной технологии проведения периодических ремонтных и регламентных работ на дирижаблях с учетом существующей авиационной инфраструктуры и возможностей ракетно-космической отрасли (специалисты, ангары, подъемные механизмы, инструменты и оборудование).

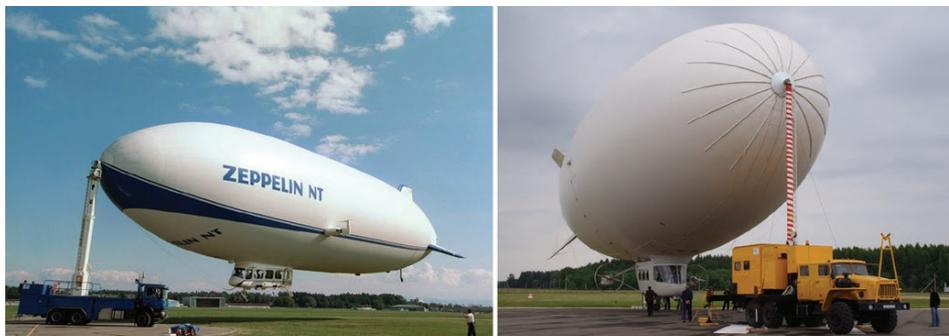
4) Потребуется модернизация российского производства оболочечной ткани, имеющей меньшие по сравнению с зарубежными образцами технологические характеристики (устойчивость, прочность, проницаемость).

5) Для снижения рыночной цены несущего газа (гелия He_2) при массовом использовании такого не только в промышленности и медицинской отрасли, но и на дирижабельном воздушном транспорте, потребуется давно анонсируемое в России развитие гелиодобывающей отрасли страны и внедрение инновационных технологий газовой сепарации [11].

6) При создании подразделения дирижаблей общим числом до 10 единиц понадобится одноразово подготовить (переподготовить) не менее 60–70 пилотов (штурманов) и не менее 200 ведущих сотрудников инженерно-технического состава, а также создать систему их обучения и классификации как специалистов авиационной отрасли.

7) Отдельной задачей дирижаблестроения является создание универсальной подсистемы «Наземного мобильного причально-мачтового комплекса обслуживания дирижаблей» на базе российских технологий и шасси отечественных автомобилей с учетом требований современных Федеральных авиационных правил по инженерно-авиационному, авиационно-техническому, аэродромному и прочим видам обеспечения. Количество указанных причально-мачтовых комплексов должно соответствовать числу используемых воздушных судов (рис. 7).

Для поисково-спасательного обеспечения пилотируемых космических полетов с космодрома Восточный указанные выше задачи (в большей части) должны быть решены до 2024 года, что потребует определенного финансирования и существенных организационно-технических усилий со стороны заказчика системы и исполнителей работ.



а) стоянка Zeppelin NT на мобильной мачте (аэр. Фридрихсхафен, 2016 г.) б) дирижабль AU-30, буксируемый мобильной мачтой (аэр. Боровичи, 2008 г.)

Рис. 7. Стоянка дирижаблей на мобильной мачте

К вопросу технико-экономического обоснования дирижабельной системы

Важными критериями оценки эффективности создания, а также опытной и промышленной эксплуатации дирижабельной транспортной системы являются экономические показатели.

В качестве таковых могут использоваться:

- сроки и стоимость создания первого опытного образца дирижабля;
- сроки и стоимость развертывания производства и постройки серии воздушных судов;
- сравнительная стоимость (цена) дирижабля и аналогичного по ТТХ современного самолета или вертолета;
- расчетная цена одного летного часа дирижабля;
- годовой бюджет содержания (эксплуатации) подразделения дирижаблей.

Расчеты, выполненные экономистами и разработчиками воздухоплавательной системы, представленной в таблице 1 по «базовому» и «высотному» типам дирижаблей, с учетом российского и мирового опыта создания и эксплуатации дирижаблей AU-12, AU-30, Zeppelin NT, Skyship и других авиационных систем таковы:

1) развертывание опытной производственной базы и строительство первого образца дирижабля – 40 млн евро или 2,8 млрд рублей; срок 3,5–4 года;

2) затраты на создание производственно-технической базы серийного изготовления 10 летательных аппаратов с учетом темпов их строительства до 4 дирижаблей в год – 50 млн евро или 3,5 млрд рублей;

3) стоимость создания системы опытной и промышленной эксплуатации 10 дирижаблей, включая базовый аэродром, оборудованный авиационным ангаром, а также мобильные и стационарные комплексы наземного обеспечения дирижаблей с учетом географии региона эксплуатации – до 30 млн евро или 2,1 млрд рублей (рис. 8);



а) воздухоплавательная база «Киржач-Д» б) дирижабледром в США (1950 г.)

Рис. 8. Примеры организации воздухоплавательной базы

4) цена каждого дирижабля из серии в 10 воздушных судов, включая сертификацию их как единичного экземпляра и подготовку требуемой конструкторской и эксплуатационной документации, около 23–25 млн евро или 1,7 млрд рублей;

5) численность наземной команды обеспечения взлета и посадки дирижабля: 11–12 чел.; летный экипаж – от 2 до 5 чел.;

6) эксплуатационный ресурс дирижабля – не менее 10 000 летных часов; средний планируемый годовой налет на одно судно – 2000 часов;

7) рациональный парк дирижаблей для экономически обоснованной эксплуатации каждой дирижабельной базы – не менее 3 воздушных судов;

8) расчетный годовой бюджет подразделения дирижаблей, на основе приведенных выше показателей, на двух авиационных базах с учетом расходов на эксплуатацию, поддержание наземной инфраструктуры, фонд заработной платы, сертификационные испытания, страховку, связь и все виды обеспечения полетов достигает около 0,75 млрд рублей. Стоимость одного летного часа дирижабля при данных параметрах системы составит не более 100 000 рублей.

Сравнительная стоимость дирижабля и аналогичных по грузоподъемности и пассажироместимости авиационных судов при несоизмеримо лучших показателях воздухоплавательной техники по дальности и продолжительности полета представлена в таблице 2 (усредненные данные на 2018 год, для территории Российской Федерации).

Прикладное использование разработок современного воздухоплавания, реализуемое в интересах деятельности по освоению космического пространства, может быть востребовано не только в рассматриваемой предметной области, но и найти свое применение в необычных инновационных направлениях решения проблем освоения других планет Солнечной системы, имеющих атмосферу, в частности, Венеры (рис. 9) [12].

Таблица 2

Стоимостные характеристики современных ближнемагистральных воздушных судов

Тип воздушного судна	Цена, \$	Средняя цена летного часа, руб.
Вертолет Ми-17	14 000 000	250 000–300 000
Вертолет Ми-26	25 000 000	450 000–500 000
Самолет Airbus 318	75 000 000	200 000–250 000
Самолет Bombardier Q400 (CRJ700)	32 000 000 (42 000 000)	150 000–200 000

Без получения достаточного опыта и предварительной глубокой проработки указанной темы в условиях земной атмосферы данные проекты пилотируемой космонавтики объективно будут очень сложно осуществимы и экономически нецелесообразны. Тем более, что приоритет в данной сфере ранее принадлежал не NASA, а советской космической науке [13].



Рис. 9. Футурологический проект освоения венерианской атмосферы

Выводы

В мире уделяется большое внимание формированию перспективных направлений использования безопасных, экологичных и экономичных видов авиационных транспортных систем. Работы по ним ведутся в США, Великобритании, Израиле и других странах. В проекте Минпромторга Российской Федерации «Стратегия развития авиационной промышленности России до 2025 года» предполагались затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по дирижабельной тематике на сумму более 450 млрд рублей. [14].

Ранее, в 2005–2016 гг., в нашей стране были проведены успешные научно-технические и организационно-методические работы по созданию и обслуживанию наземной воздухоплавательной инфраструктуры, разработке линейки мягких пилотируемых гелиевых дирижаблей, подготовке специалистов летного и инженерно-технического состава, а также осуществлялась деятельность по сертификации и летной эксплуатации указанных воздушных судов в различных метеорологических условиях, днем и ночью в границах различных географических регионов ЦФО России.

При проведении интегральной оценки эффективности дирижаблей необходимо учитывать использовавшийся ранее ресурс транспортных средств поиска и спасания в сфере пилотируемой космонавтики. Так в США при организации ПСО космического корабля «Аполлон-13» участвовало 47 самолетов и 5 кораблей, включая авианосец. Для поисково-спасательного обеспечения космодрома Байконур задействуется 15 самолетов, 22 вертолета и 1 корабль.

Использование отечественного и зарубежного опытов поиска и спасания, развертывание и применение группировки дирижаблей в производственной кооперации с транспортными вертолетами и самолетами, а также аэромобильной техникой, объективно усилит перспективную систему ПСО пилотируемых космических пусков с космодрома Восточный. Ее традиционные качества, отработанные и проверенные годами, будут дополняться универсальностью и оперативностью воздухоплавательной авиационной техники, возможностями работы дирижаблей в сложных условиях с параметрами, недоступными для существующих воздушных судов при решении различных специальных задач в море и на суше.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дирижабли / М.Я. Арие. – Киев.: Издательство «Наукова думка», 1986. – 264 с.
- [2] Воздухоплавание в изобретениях / Ю.С. Бойко. – М.: Издательство «Транспорт», 1999. – 352 с.
- [3] Аэромеханика дирижабля / В.Т. Грумондз, Н.В. Семенчиков, О.В. Яковлевский. – М.: Изд-во «Наука», 2017. – 424 с.
- [4] Дирижабли на войне / В.А. Обухович, С.П. Кульбака. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2000. – 496 с.
- [5] Гомберг А.А. Дирижабль обыкновенный // Двигатели. – 2009. – № 4 (64). – С. 36–39.
- [6] Гомберг А.А. Небесные странники или что могут дирижабли // Бурение и нефть. – № 78 (июль–август). – 2018.
- [7] <https://habr.com/en/post/393423/?mobile=no>
- [8] <https://amurmedia.ru/news/658935/>
- [9] <https://nauka.vesti.ru/article/1061095>
- [10] <http://astronaut.ru/bookcase/books/davyd01/text/12.htm>
- [11] Якуцени В.П. Проблемы освоения ресурсов Восточно-Сибирского гелия // Газовая промышленность. – 2016. – № 3. – С. 20–25.
- [12] https://www.iguide.ru/main/other/v_novom_proekte_nasa_planiruet_sozdat_oblachnyy_gorod_na_venere/
- [13] http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/n_i_j/1981/9/9-dir.html
- [14] https://vpk.name/news/74858_vozdushnyii_shar_ot_minpromtorga.html

REFERENCES

- [1] Dirigibles / M.Ya. Arie. – Kiev: “Naukova Dumka” Publishing house, 1986. – p. 264.
- [2] Ballooning inventions / Yu.S. Boiko. – Moscow: “Transport” Publishing house, 1999. – p. 352.

- [3] Aeromechanics of airships / V.T. Grumonds, N.V. Semenchikov, O.V. Yakovlevsky – Moscow: “Nauka” Publishing house, 2017. – p. 424.
- [4] Airships in the war / V.A. Obukhovich, S.P. Kulbaka – Moscow: LLC “Izdatelstvo AST”, 2000. – p. 496.
- [5] A.A. Gomberg. Standard airship // Engines. – 2009. – No 4 (64). – pp. 36–39.
- [6] A.A. Gomberg. Celestial travelers or capabilities of airships // Drilling and petroleum. – No 78 (July–August). – 2018.
- [7] <https://habr.com/en/post/393423/?mobile=no>
- [8] amurmedia.ru/news/658935/
- [9] <https://nauka.vesti.ru/article/1061095>
- [10] <http://astronaut.ru/bookcase/books/davyd01/text/12.htm>
- [11] V.P. Yakutseni. Development of East Siberian helium resources // Natural gas industry. – 2016. – No 3. – pp. 20–25.
- [12] https://www.iguides.ru/main/other/v_novom_proekte_nasa_planiruet_sozdat_oblachnyy_gorod_na_venere/
- [13] http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/n_i_j/1981/9/9-dir.html
- [14] https://vpk.name/news/74858_vozdushnyii_shar_ot_minpromtorga.html