

УДК 629.733.3 : 551.58

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ДРЕЙФУЮЩИХ АЭРОСТАТОВ

М. Н. Григорьев, В. В. Лебедев*, М. Н. Охочинский, Н. Н. Дигусов

*Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
Русское географическое общество

Аэростаты были тем средством, с помощью которого человек, с точки зрения логистики, начал при своем перемещении по Земному шару овладевать третьим измерением, т.е. высотой. Интересно отметить, что подземное пространство к этому моменту служило людям уже несколько тысячелетий, вспомним тайные ходы из крепостей, ирригационные и канализационные системы древних цивилизаций.

Освоение человечеством такого физического ресурса, как надземное пространство почти столетие обеспечивалось летательными аппаратами легче воздуха. В логистическом отношении эта способность перемещаться по пространству была достаточно широко использована на практике во время осады Парижа для доставки почты и особо важных пассажиров, еще раньше как средство вооруженной борьбы аэростаты применялись в 1849 году при бомбардировке австрийцами Венеции.

К наблюдениям с борта аэростата, в том числе – научным, т.е. в логистическом смысле – формированию информационного потока, приступили, начиная с первого подъема человека на нем, продолжили в 20 веке с помощью автоматических средств и не прекратили до настоящего момента.

Именно аэростат дал возможность впервые достичь такой до настоящего времени еще практически не освоенной в смысле непрерывного пребывания области, как стратосфера, это сделали 27 мая 1931 года Огюст Пиккар и Паул Кипфер – пионеры в области исследований этой части околоземного пространства.

Существующий ныне рекорд высоты для беспилотного аэростата составляет 53,0 км, шар был запущен 25 мая 2002 года из префектуры Иватэ, Япония, усилиями Национальной аэрокосмической лаборатория Японии (National Aerospace Laboratory of Japan, NAL), входящей ныне в Японское агентство аэрокосмических исследований (*Japan Aerospace eXploration Agency, JAXA*).

Таким образом, принципиально верхняя граница рабочей области аэростатов над поверхностью Земли сегодня превышает 50 км.

Свой вклад в освоение существенно большего пространства и формирования отсюда информационных потоков внесли отечественные автоматические дрейфующие аэростаты (АДА). В июне 1985 года от советских автоматических межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2», пролетавших в окрестностях планеты Венера, были отделены посадочные модули и атмосферные зонды. Аэростатные зонды представляли собой АДА. Они снизились на парашютах и после наполнения их оболочек гелием начали дрейф в атмосфере планеты на высоте 53 – 55 км, проводя измерения метеорологических параметров. Продолжительность работы обоих зондов составила более 46 часов.

В середине 2016 года к использованию АДА на Венере вернулись при рассмотрении российско-американского проекта «Венера-Д».

В 20 веке применение автоматических дрейфующих аэростатов приобрело массовый характер как средство идеологической, а затем и вооруженной борьбы. Спонтанные попытки в этом направлении, опирающиеся на усилия энтузиастов, были сделаны еще в 19 веке. Япония первой начала заранее готовиться к такому применению АДА, опираясь на глубокие научные исследования и всестороннюю поддержку государства. К теоретической деятельности приступили в 1927 году. В первой четверти 1930-х годов согласно проекту SEGO были разрабо-

таны АДА для разбрасывания пропагандистских листовок на территории СССР, прилегающей к реке Амур. Эти АДА имели оболочку из прорезиненного шелка диаметром 3,9 м и могли совершать полеты на расстояние до 62 миль. Рассматривалась также возможность доставки с их помощью зажигательных бомб весом до 10 кг, оснащенных взрывателем с часовым механизмом.

Впервые массовый характер использование АДА как средства вооруженной борьбы приобрело в рамках английской операции Outward, когда из Гарвича (северная часть Великобритании), начиная с 20 марта 1942 года вплоть до 4 сентября 1944 года, было запущено порядка 99 тыс. АДА. Из них 53 тыс. совершали полет на высоте 4900 м с зажигательными бомбами, а 45 тыс. – со свисающими стальными тросами длиной 210 м и толщиной 1,6 мм.

Наибольший успех был достигнут последними, так 12 июля 1942 года, трос АДА вывел из строя под Лейпцигом линию электропередачи (ЛЭП) напряжением 110 кВ, что повлекло за собой пожар на электростанции. Объективно установленный ущерб, по оценкам английского командования, составил £1,5 млн., что равно £49 млн. в 2017 году. Говоря о суммарном косвенном ущербе, нанесенном АДА нацистскому режиму и его сателлитам, следует учитывать тот факт, что постоянное наличие в воздушном пространстве АДА приводило их ПВО к дополнительному напряжению, т.е. к затратам авиационного топлива, ресурсов техники и живой силы. Для англичан общие прямые затраты на проведение операции составили £0,22 млн. Глубокая логистическая проработка операции, использование простых механизмов управления позволили достичь средней стоимости изготовления и запуска АДА в 35 шиллингов, что эквивалентно £86 в 2017 году. В операции Outward участвовали 233 человека. Ее успех был несколько омрачен политическими осложнениями с нейтральными Швейцарией и Швецией, в воздушное пространство которых АДА не преднамеренно попадали. Так, 20 января 1944 года АДА повредил ЛЭП, питающую железную дорогу Лунд – Фалькенберг в Швеции, что привело к столкновению там поездов.

Причина досадных погрешностей крылась в слабой изученности движения воздушных масс и примитивности механизмов управления АДА, что, в значительной мере, возникло как результат слабой предварительной научно-исследовательской проработки этого направления до войны. Обратим внимание на то обстоятельство, что японцы организовали работы с АДА уже 1927 году.

У британцев разработку и осуществление операции Outward вызвал достаточно случайный факт, который с логистических позиций был конструктивно и всесторонне оценен в английских штабах и, прежде всего, в подразделениях Boom Defense Department (BDD), занимающихся сетью аэростатов заграждения (АЗ).

В ночь с 17 на 18 сентября 1940 года шторм сорвал и унес на север Европы пару десятков английских АЗ. Обрывки стальных тросов, которые с них свисали, вызвали многочисленные замыкания ЛЭП в Дании и Швеции. Было повреждено антенное поле передатчика Шведского международного радио, и он прекратил свою работу. Пять дрейфующих АЗ отметились в Финляндии.

Логистический анализ произошедших событий привел англичан к мысли преднамеренно посылать АДА в воздушное пространство Германии и оккупированной Европы для нарушения работы ЛЭП и организации пожаров. В предвидении ответных мер изучили метеорологическую обстановку в Великобритании и установили, что направление ветра на высоте более 4,8 км в 65% случаев благоприятно для запусков аэростатов из Англии, тогда как только в 35% – из континентальной Европы. Успеху начинания способствовал тот факт, что в подразделениях BDD к началу 1942 года скопилось немалое количество ветхих оболочек АЗ, ремонтировать которые было не выгодно, а в текущем состоянии они не выдерживали ветровой нагрузки. Хотя такие оболочки достаточно быстро закончились, но дали толчок в поиске других, не используемых ресурсов.

Опираясь на собственные разработки и получив информацию из Германии, Японская армия с 3 ноября 1944 года по 17 апреля 1945 года нанесла удар с помощью АДА по территории

США, было запущено 6000 аэростатов, из которых, по американским данным, в США попало не мене 355. Наибольший успех достигли 10 марта 1945 года, когда АДА вывел из строя ЛЭП в Бонневиле, на три дня остановив производство плутония в Хенфорде. Японские АДА летели, используя струйные течения на границе со стратосферой, которые открыл в 1923 году японским ученым Васабуро Оиши. При выборе адекватного профиля полета АДА системы FUGO типа «А» с оболочкой открытого типа диаметром 9,8 м, объемом 1800 м³, сделанной из рисовой бумаги, в течение трех дней достигал территории США.

Гондола этого АДА была оборудована системой автоматического сброса балласта, работа которой позволяла компенсировать потерю газа, выходявшего из оболочки, при ее нагреве солнечными лучами, и регулировать высоту полета днем 11,5 км, ночью 6 – 9 км. В гондоле находилось от двух до шести бомб, обычно 4 зажигательные бомбы по 5 кг и 2 осколочные по 12 кг. Часть АДА теряли газонепроницаемость своих оболочек, опускались ниже струйных течений, попадали над Тихим океаном в местные потоки и летели в Западную Сибирь, где поджигали тайгу. Статистика отметила, что за июль-август 1944 года число пожаров там выросло в 10 раз по сравнению с обычным уровнем.

Следующий период массового применения АДА наступил в середине 1950-х годов. Поток аэростатов был направлен в сторону СССР. К этому времени усилиями американских, британских и японских специалистов были созданы серийные АДА, способные с полезной нагрузкой в несколько десятков килограммов летать на высотах до 40 км. А на высотах до 30 км – в несколько сотен килограммов, на высотах 20 – 25 км – с грузом массой 5 – 6 т и более (рис.1).

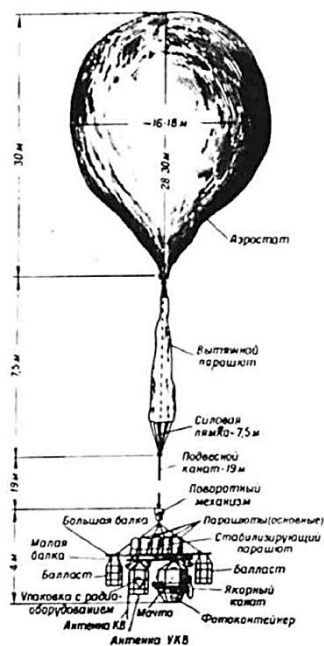


Рис. 1. Американский автоматический дрейфующий аэростат (АДА) фоторазведчик первого поколения

Для них, в частности, был отработан автоматический аэрофотоаппарат с устройством для определения координат снимаемой местности. Запуски с территории ФРГ и Турции, как одиночные, так и массовые с использованием механизированных видов старта начались в январе 1956 года. АДА, находясь в руслах струйных течений, достигали территории СССР и, пролетев ее, оказывались над Тихим океаном. Из 1600 АДА, запущенных тогда с территории ФРГ, половина была сбита советской ПВО. Остальные приводнились в Тихом океане, где были подобраны американскими кораблями.

Второй массовый запуск американских АДА в сторону СССР был 1958 – 1959 годах. Они в этот раз имели новую оболочку объемом 11 500 м³, что позволяло совершать полеты в течение 4 – 5 суток на высотах до 23 км. Отдельные экземпляры имели оболочку объемом 120 тыс. куб. м, что обеспечивало полет на высоте 28 – 32 км. Борьба с АДА нового типа вызывала большие трудности. При обстреле некоторые оболочки взрывались, поражая при этом самолеты-перехватчики.

Середина 50-х годов 20 века была отмечена массовым появлением над территорией СССР упрощенных АДА, стартовавших из ФРГ и несущих антисоветские листовки НТС. Это был первый опыт якобы самостоятельной активности политической организации в чужом воздушном пространстве.

Новое поколение АДА было разработано американцами в 1970-е годы 20 века. Они могли уже маневрировать, меняя по заданной программе высоту полета, их сотовые оболочки сохраняли живучесть, даже получив нескольких пробоин. Первая попытка серийного использования таких аэростатов произошла 11 августа – 14 сентября 1975 года, когда в воздушное пространство СССР проникло 11 АДА. Они дрейфовали на высотах 11–14 км со скоростями до 200 км/ч. Это позволило применить по ним перехватчики практически всех типов, стоящих тогда на вооружении авиации СССР. За границу ушел только один АДА. В среднем, как указывалось в газете «Красная Звезда» от 19 июня 1993 года, на каждый сбитый АДА было израсходовано 1,4 УР, 26 НУРС, 112 пушечных снарядов.

Всего за период 1956–1977 годов в воздушном пространстве СССР было обнаружено 4112 АДА. В соответствии с направлением устойчивых струйных течений, 39% АДА залетали на территорию СССР с юго-западного, 36% – с западного, 22% – с северо-западного и 3% – с восточного направлений.

Третий массовый запуск американских АДА в сторону СССР состоялся 1980–1981 годах. Он был связан с развертыванием американских КР и БР типа «Першинг» в Западной Европе. Для отработки маршрутов полетов КР были запущены малоразмерные

АДА, перемещавшиеся на малых высотах и предназначенные для повышения точности проводки ракет и расчета постоянно действующей динамической ошибки в результате воздействия ветровых нагрузок. Эти АДА решали и другие задачи: уточнение дислокации, состава и характеристик системы ПВО СССР, оценка ее возможности по обнаружению и сопровождению низколетящих целей, чья ЭПР сопоставима с ЭПР крылатых ракет; перегрузка информационных средств ПВО; поддержание ПВО в постоянном напряжении и отвлечение ее от патрулирующих вдоль Балтийского побережья самолетов-разведчиков; провоцирование бесполезного расхода ресурса вооружения, снижение бдительности расчетов командных пунктов при оценке воздушной обстановки.

Малоразмерные АДА имели оболочку в форме эллипсоида, яйца грушевидной и сферической формы. Полезная нагрузка включала пиропатрон самоликвидации, солнечную панель для подзарядки аккумуляторной батареи, обеспечивающей приборы АДА питанием в течение 12 часов работы. Местом старта этих АДА были полигон НАТО по испытанию оптико-электронных средств на острове Лоллан (Дания) и аэрокосмический полигон в городе Кируна на севере Швеции.

Несмотря на развитие космических средств и беспилотных ЛА, подразделения ВВС США продолжают изучать вопросы массового использования АДА, особенно малых размеров, для целей разведки. При этом высоко оцениваются их главное достоинство – низкая стоимость и высокая скрытность. Они имеют маленькую ЭПР практически во всех диапазонах электромагнитных колебаний и большое сходство с метеорологическими шарами-зондами или научными АДА.

Стоимость малоразмерного АДА, оснащенного цифровым фотоаппаратом, GPS приемником, и передатчиком для отправки полученных изображений потребителю в реальном масштабе времени при их качестве не хуже, чем от ИСЗ, не должна превышать, по мнению американских военных, \$600.

АДА широко использовались и используются для научных исследований, говоря языком логистики, для формирования информационных потоков. Еще в конце 19 века русский профессор М. М. Поморцев первым предложил использовать небольшие шары для замера скорости ветра на высотах. Идею развили в Германии, где в 1892 году запустили шар-зонд, снабженный самопишущими приборами для замера температуры и давления. Начиная с 1931, в СССР и других странах мира стали применять радиозонд, разработанный советским ученым П. А. Молчановым, что позволило уже к 40-м годам 20 века регулярно изучать атмосферу на высоте до 30 км над поверхностью земли.

В начале 60-х годов 20 века появилась, так называемая, баллонная астрономия, когда в качестве полезной нагрузки на борт АДА принималась астрономическая станция (АС). Это позволило использовать АДА для изучения космического пространства далеко за пределами земной атмосферы. Так, в марте 1963 года американский АДА с оболочкой объемом 14 666 м³ поднял на высоту 24,5 км АС массой 4,5 т. При этом общая масса груза была 6,9 т. Через 12 лет 27 октября 1972 года АДА с оболочкой объемом около 1,4 млн. м³ поднял на высоту 52 км аппаратуру массой 113 кг.

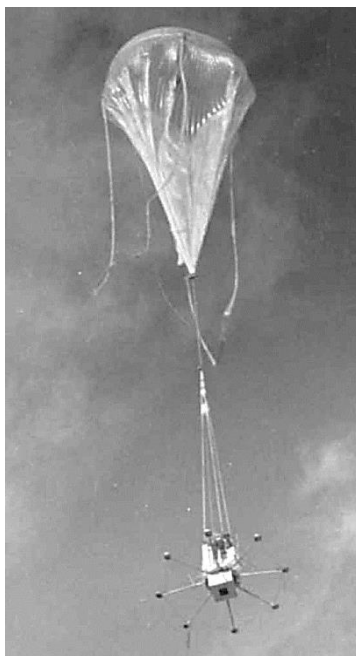


Рис. 2 Стратосферный астрономический комплекс (САК) «Сатурн» в полете на малой высоте. Форма оболочки имеет грушевидную форму. Рядом с оболочкой видны свободно болтающиеся «аппендиксы» через которые ее наполняли гелием.

В период с 1966 по 1973 гг. советский АДА (рис.2) с пленочной оболочкой объемом 107 000 м³, четырежды поднимал стратосферный астрономический комплекс (САК) «Сатурн» (рис.3) массой 7,5 т на высоту 20 км, где влияние атмосферы практически отсутствует. По завершении исследований, занимающих несколько часов и требовавших уникальной стабилизации САК в пространстве, он отделялся от оболочки АДА и на парашюте спускался на землю.

Через 43 года, в 2009 году шведские ученые провели сходный эксперимент. Они в рамках совместного проекта с несколькими институтами Германии, США и Испании запустили телескоп SUNRISE массой несколько более 6 т для сбора данных о солнечной активности (рис. 4) и околосолнечном пространстве.

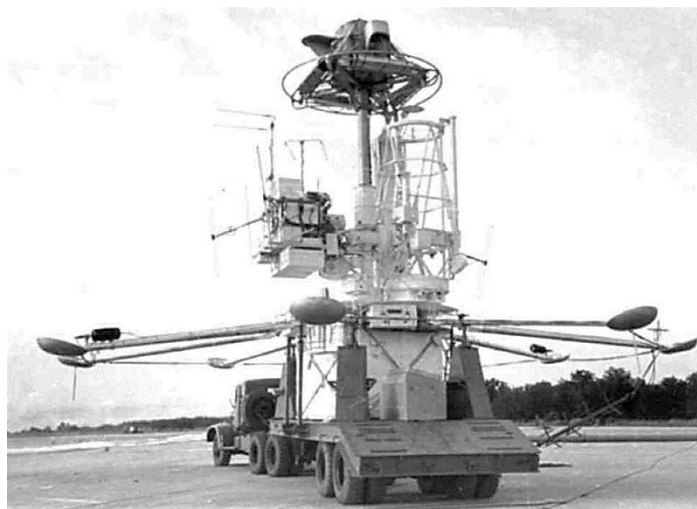


Рис. 3. Спускаемый модуль стратосферного астрономического комплекса (САК) «Сатурн» на специально оборудованном трейлере перемещается по стартовой площадке АДА. На платформе видны темные балластные пирамиды, которые будут удерживать на земле наполненный гелием АДА до момента его старта. Белая полоса на бетонной поверхности в левой части фотографии – оболочка АДА, подготовленная к наполнению. Ее предстоит соединить с модулем

В СССР для систематических исследований атмосферной турбулентности применялись весьма эффективные с точки зрения логистики оригинальные конструкции – пленочные АДА-парашюты объемом 3400 м^3 , поднимавшиеся на высоту 23 км. После выполнения задания газ из оболочки выпускался, и она, приняв форму парашюта, опускала аппаратуру на землю. В результате, многократно использовались такие ресурсы, как оболочка и аппаратура. Для кратковременных полетов на высоты 25 – 28 км применялись АДА-парашюты объемом 20 тысяч м^3 , изготовленные из графитизированной шелковой материи, что исключало воспламенение водорода от электрических разрядов. Для подъема грузов массой до 150 кг на высоту до 30 км использовались АДА гирляндной системы с резиновыми оболочками.

Стратосферные АДА с магнетометрами дают возможность изучать глубины нашей планеты в трудно достигаемых районах. Например, летом 1997 года они были использованы США и РФ для изучения магнитного поля Земли в приполярной зоне Северного полушария. Американский АДА облетел практически весь Северный полярный круг (рис. 5), для российского АДА маршрут выбрали значительно короче (рис. 5). Он стартовал на Камчатке (рис. 6), и направился на запад России. Несмотря на сравнительно короткий маршрут, ценность наблюдений получилась существенно выше, чем у американцев, поскольку в стратосферу была поднята конструкция высотой более 4 км (рис. 7). Впервые в мире российские ученые создали для АДА систему из трех магнитометров, разнесенных по высоте на 4 км, а потом и на 6 км. При этом они реализовали надежный способ автоматического развертывания такой системы при всплытии АДА над поверхностью земли.

Научные АДА в тысячи раз уступают по количеству своим аналогам, используемым в военных целях. Однако их возможности и свойства полезной нагрузка во многом превосходят массовые военные образцы. Значительная часть систем и приборов на их борту, несомненно, имеют двойное назначение.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что АДА различных объемов и рабочих высот сегодня имеют постоянно увеличивающийся потенциал эффективной доставки полезной

нагрузки в точки приземного пространства, расположенные на высотах, простирающихся от десятков метров до 52 км.



Рис. 4. Телескоп SUNRISE готовится к старту.

Полезная нагрузка установлена на подвижном стартовом устройстве и соединена стропами с парашютом, уложенном на парашютном столе (широкая белая полоса на снимке). Парашют, в свою очередь, соединен с не наполненной газом частью оболочки АДА, которая разложена на дальней части парашютного стола. В конце стола наблюдается валик, с помощью которого постепенно освобождают для заполнения газом уложенную на земле оболочку АДА. Наполненная часть оболочки АДА соединена с помощью двух «аппендиксов» – узкие белые полосы на снимке – с наземной системой хранения гелия. На заднем плане фотографии видны три емкости для газа и автомобиль для перевозки жидкого гелия, выкрашенные в белый цвет.

На практике установлено, что полезная нагрузка таких АДА дает возможность получать информацию о процессах и объектах под земной поверхностью, на земной поверхности, в приземной атмосфере, в ближнем и дальнем космосе. Полученная информация может быть направлена потребителю в реальном масштабе времени, или накоплена для использования после приземления или для передачи потребителю в заданных точках пространства. Последние варианты обеспечиваются в режиме полного или частичного радиомолчания, которые уменьшают расход энергии на борту и увеличивает скрытность работы АДА.

Полезная нагрузка АДА способна передавать информацию, например, излучая сигналы в различных диапазонах электромагнитных волн как по заложенной в ней программе, так и в результате анализа окружающей обстановки. В простейшем варианте здесь полезная нагрузка может стать ретранслятором сигналов с земли или разбрасывать листовки.

Предшествующий опыт использования АДА показал, что полезная нагрузка на их борту может являться средством поражения, особенно если трассы полета расположены над пространствами сухих лесов и посевов или над пространствами, насыщенными воздушными ЛЭП. При этом ущерб, со значительной вероятностью, будет вызван не столько воздействием собственно таких АДА, сколько борьбой с предотвращением такого воздействия. Роль негативного морально-психологического потока станет превалировать над материальным ущербом.

С точки зрения логистики важнейшим стратегическим ресурсом для страны является пространство, которое она может эффективно контролировать. В настоящее время стратосфера над Арктикой, примыкающей к нашей территории, является такой областью.

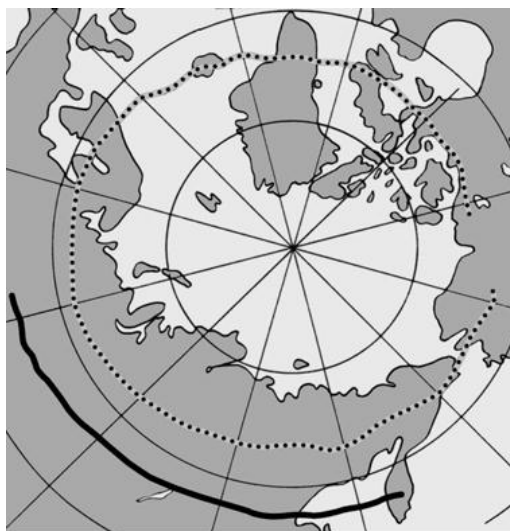


Рис. 5. Трассы полетов стратосферных АДА с магнетометрами летом 1997 г. Сплошной линией показан маршрут российского АДА, стартовавшего с Камчатки, пунктирной – американского



Рис. 6. Подготовка российского АДА с магнетометром к запуску на Камчатке в 1997 г. Идет закачка газа по специальным рукавам – «аппендиксам» от резервуаров с гелием, которые видны на заднем плане. Полезная нагрузка – 2т специального оборудования для сверхточных магнитных измерений. Летом такой АДА летит в устойчивом воздушном течении со скоростью около 50 км/ч. В зимний период скорость 150 км/ч, но трассы полета менее устойчивы по направлению

Постоянное присутствие там АДА, с соответствующей полезной нагрузкой, позволит увеличить в этом районе экономический, политический, научный и оборонный потенциал страны. В равной мере это касается стратосферы областей мирового океана, откуда могут исходить угрозы интересам нашего государства или мирового сообщества, например, зоны морского пиратства, зоны боевого патрулирования средств ракетно-ядерного нападения, зоны незаконной добычи морских биоресурсов.

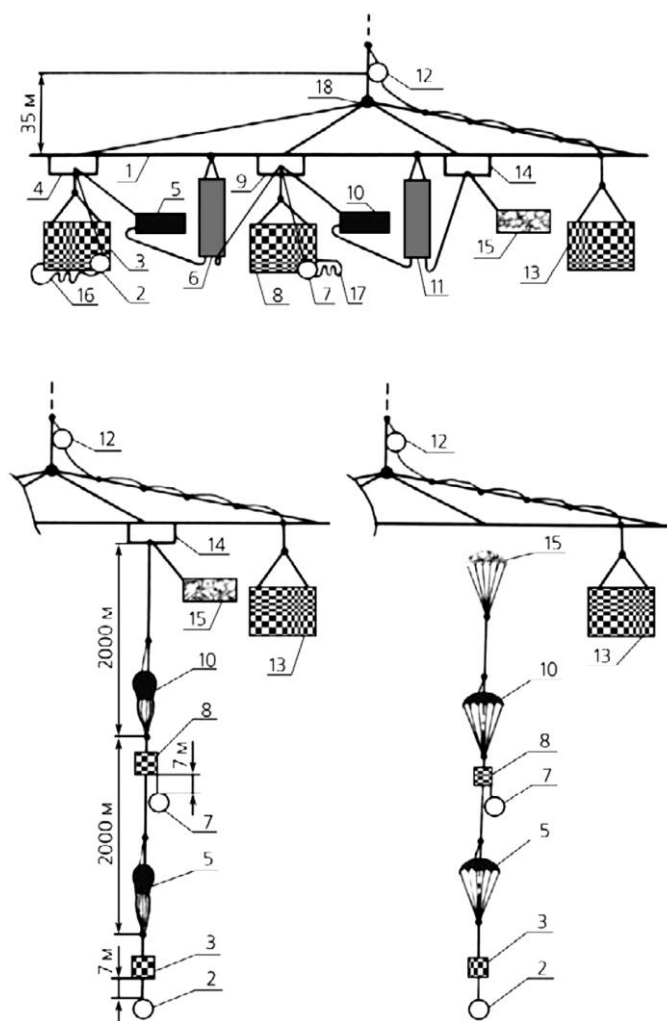


Рис.7. Схема подвесной системы АДА с размещенным на ней градиентным измерителем геомагнитного поля (ГИМП).

Вверху – в стартовой позиции; внизу слева – в режиме дрейфа; справа – при раздельном приземлении на завершающей стадии полета основной подвески АДА и спускаемой части измерителя.
 1 – балка подвески АДА; 2, 7, 12 – датчики магнитометров (ММ); 3, 8, 13 – приборные контейнеры с ММ; 4, 9, 14 – пирозамки; 5, 10 – тормозные парашюты; 6, 11 – фалонакопители; 15 – спасательный парашют; 16, 17 – свертки с кабелем-тросом, соединяющим датчики с ММ; 18 – стартовый замок.

Развертывание ГИМП происходит следующим образом. При вспышке АДА на высоте 2 км по сигналу от барореле срабатывает пирозамок (4), а контейнер (3) с датчиком (2) под действием силы тяжести начинает падать. При этом выдергивается парашют (5) из камеры, снижение контейнера замедляется и постепенно выбирается трос из фалонакопителя (6). После того как весь трос будет выбран, контейнер (3) зависает на якоре пирозамка (9). На высоте 4 км срабатывает пирозамок (9), и процесс повторяется для контейнера (8). После выбора всего троса из фалонакопителя (11), выносная часть ГИМП зависает на якоре пирозамка (14) и ГИМП готов к работе. После выполнения съемок на пирозамок поступает сигнал окончания работы, и выносная часть ГИМП отделяется от основной подвески АДА и приземляется самостоятельно.

Большие возможности кроются в использовании малых АДА для контроля над возгораниями и лесными пожарами в Сибирской тайге и на Дальнем Востоке.

Развитию АДА в нашей стране на протяжении десятилетий уделялось большое внимание. Однако непродуманные реформы начала XXI века нанесли этому направлению значительный ущерб. Традиционные способы восстановления позиций в научно-технической сфере потребуют времени и денег, которых на все может не хватить. Современные технологии, которые можно использовать при создании АДА, позволяют привлечь к их разработкам широкий круг энтузиастов, профильные общественные организации, студентов технических организаций. Для этого необходимо с логистических позиций по возможности широко проинформировать как перечисленных выше лиц, так и вероятных заказчиков из государственных и коммерческих сфер о достигнутых и потенциальных возможностях АДА, об отечественном и зарубежном опыте их создания и применения. Решению этой задачи в значительной мере посвящена данная статья.

Библиографический список

1. *Drapeau, Raoul E.* Operation Outward: Britain's World War II offensive balloons//IEEE Power & Energy magazine, September–October 2011, pp. 94 – 105.
2. *Ross Coen*, Fu-go:The Curious History of Japan's Balloon Bomb Attack on America, University of Nebraska Press, 2014.
3. *Афанасьев К. А., Бойко А. М., Григорьев М. Н., Дигусов Н. Н., Охочинский Д. М., Охочинский М. Н., Чириков С. А.* Инновационно-логистический подход к развитию сложных технических систем/ под ред. М.Н. Григорьева, М.Н. Охочинского. СПб: БГТУ «Военмех», 2016.
4. *Афанасьев К. А., Григорьев М. Н., Дигусов Н. Н., Матвеев С. А., Охочинский М. Н., Уваров С. А., Чириков С. А.* Логистика. Анализ перспективных задач развития вооружения и военной техники: учебное пособие / под ред. М.Н. Григорьева, С.А. Уварова. СПб: Изд-во СПб ГЭУ, 2016.
5. *Афанасьев К. А., Григорьев М. Н., Дигусов Н. Н., Охочинский М. Н., Уваров С. А., Чириков С. А.* Логистика. Методы анализа направлений развития комплексных аэрокосмических систем: учебное пособие / под ред. М.Н. Григорьева, С.А. Уварова. СПб: Изд-во СПб ГЭУ, 2016.
6. *В России и мире* наступает новая эра воздухоплавания // Время новостей, 2007 от 16 января, №5.
7. *Григорьев М. Н., Долгов А. П., Уваров С. А.* Логистика. Продвинутый курс. Учебник. Изд. 3-е, перераб. и доп. Сер. 61 Бакалавр и магистр. Академический курс. М.: 2014.
8. *Григорьев М.Н.* Маркетинг. Учебник для прикладного бакалавриата. 5-е изд., перераб. и доп., Сер. 60. Бакалавр. Прикладной курс. М.: 2015
9. *Григорьев М. Н., Лебедев В. В., Охочинский М. Н.* Автоматические дрейфующие аэростаты как логистический фактор освоения и охраны среды полярных областей Северного полушария Земли. Национальный и международный аспекты // Данное издание.
10. *Григорьев М. Н., Уваров С. А.* Логистика. Базовый курс. Учебник для вузов. Сер. 58. Бакалавр. Академический курс. М.: 2011
11. *Исследования* ведут аэростаты //Америка. 1978, май (№258). С.14 – 18.
12. *Любченко Д. И.* Боевые аэростаты // Наука и техника, 2009, №7(38). С. 27 – 35.
13. *Цветков Ю. П., Ротанова Н. М.* Аэростаты зондируют Землю // Науки о Земле, 2002, № 1.С. 1 – 11.
14. *Цветков Ю. П., Ротанова Н. М.* Дистанционное сканирование земной коры // Природа, 2001, № 11. С. 11 – 19.