

УДК 528.88
<https://doi.org/10.36906/KSP-2023/48>

Кушанова А.У.

ORCID: 0000-0001-8407-4880

Зотов С.С.

ORCID: 0009-0006-0707-3351

*Нижневартровский государственный университет
г. Нижневартовск, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОСТАТОВ В ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ

Аннотация. Цель данной работы состоит в анализе целесообразности применения аэростатов в дистанционном зондировании земли, как современного и перспективного способа получения данных для различных задач землепользования и экологического мониторинга. В статье приведён теоретический расчёт параметров аэростата и его себестоимости.

Ключевые слова: аэростат; дистанционное зондирование земли; мониторинг лесных ресурсов; землепользование.

Kushanova A.U.

ORCID: 0000-0001-8407-4880

Zotov S.S.

ORCID: 0009-0006-0707-3351

*Nizhnevartovsk State University
Nizhnevartovsk, Russia*

THE USAGE OF AEROSTATS IN REMOTE SENSING OF THE EARTH

Abstract. The purpose of this work is to analyse the feasibility of using aerostats in remote sensing of the earth as a modern and promising way to obtain data for various tasks of land use and ecological monitoring. The article presents a theoretical calculation of the parameters of the aerostat and its cost.

Keywords: aerostat; remote sensing; monitoring of forest resources; land use.

Вопрос об использовании аэростатов как средства дистанционного зондирования может представляться не актуальным, ввиду малого распространения данного оборудования сегодня, однако, с точки зрения эксплуатации, аэростаты обладают неоспоримыми преимуществами в сравнении с другими методами, такими как применение беспилотных летательных аппаратов самолётного, мультироторного типа, а также космической и авиатехники: низкой стоимостью эксплуатации, высокой экологичностью, обширными вариантами применения [3].

Цель данной работы: анализ целесообразности применения аэростатов в качестве средства дистанционного зондирования земли для различных задач.

Таким образом, мы ставим перед собой следующие задачи:

1. определить перечень технических преимуществ использования аэростатов в сравнении с другими методами дистанционного зондирования территории;

2. выявить потенциальные недостатки использования аэростатов в сравнении с другими методами дистанционного зондирования территории;
3. провести анализ вариантов использования аэростатов в качестве средства для дистанционного зондирования территории;
4. провести теоретический расчёт себестоимости создания и эксплуатации аэростата.

Аэростат – это летательный аппарат легче воздуха, наполненный несущим (подъёмным) газом – гелием или его смесями [2]. На пути технологического прогресса, современный аэростат находится между тепловыми аэростатами и дирижаблями, однако для целей дистанционного зондирования он обладает более низкой стоимостью при отсутствии главного отличия от дирижабля – аэростат является неподвижным объектом, что, однако, может иметь и свои преимущества. Упрощённая схема строения аэростата представлена на рисунке 1, где 1 – оболочка аэростата, 2 – консоли оперения, 3 – рули, 4 – подвес полезной нагрузки, 5 – удерживающий трос и кабель питания.

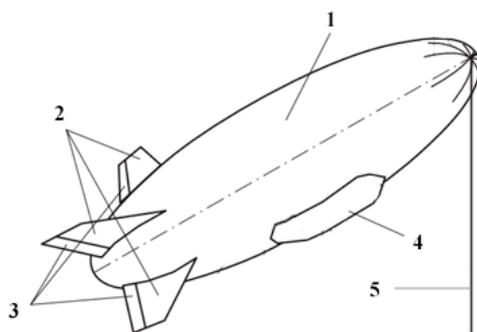


Рис. 1. Упрощённая схема строения аэростата привязного типа

При определении преимуществ аэростата перед иными средствами для дистанционного зондирования территории, разумно сразу обозначить эти «иные средства», которые наиболее часто применяются для этих целей:

1. беспилотные летательные аппараты самолётного или мультироторного типа (квадрокоптеры и мультикоптеры) – управляемые дистанционно, или, согласно заданной программе, аппараты тяжелее воздуха, удерживаемые на высоте за счёт усилия винтомоторных групп и/или подъёмной силы крыльев, и несущие полезную нагрузку, обычно до 10 килограмм, включающую оптические, лазерные и иные измерительные приборы и оборудование. В подавляющем большинстве случаев питаются от бортового аккумулятора, который ограничивает время нахождения аппарата в воздухе;

2. космические спутниковые средства дистанционного зондирования территории – представляют собой группы или единичные космические аппараты, оборудованные различным измерительным оборудованием. При этом условия применения некоторого оборудования предъявляют строгие требования к прозрачности атмосферы на момент проведения работ. Космические аппараты выделяются крайне высокой стоимостью создания и эксплуатации. Несмотря на это, возможность получения обширного количества информации с высоты недостижимой иными средствами является ключевой особенностью их применения;

3. авиационные управляемые аппараты (самолёты, вертолёты, автожиры и иные) – наиболее применяемый в прошлом способ дистанционного зондирования территории, для которого с авиатехникой применяется различное измерительное оборудование. В отличие от представленных выше, для использования данного средства необходима команда из высококвалифицированных специалистов, которые будут находиться непосредственно на месте проведения работ. Кроме этого, возможности применения такого средства сильно ограничены техническими характеристиками применяемой авиатехники.

Определив список альтернатив, обратимся к анализируемому нами средству – аэростату. Сравнительные данные по условиям и возможностям эксплуатации, а также технические преимущества и недостатки представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнительные данные по условиям и возможностям эксплуатации
и технические преимущества и недостатки**

Условия эксплуатации	БПЛА (на примере российского БПЛА «Атлас 180 АДК»)	Космические средства	Авиационные средства (на примере самолёта Ан-2)	Аэростаты (на примере расчётного аэростата объёмом 163 кубических метра)
Диапазон рабочих высот	От 180 до 1000 метров [5]	От 160 километров	От 300 до 5000 метров [4]	От 200 до 10000 метров [1]
Минимальная температура окружающего воздуха	- 20 С ⁰	Не влияет	- 50 С ⁰	- 30 С ⁰
Вес полезной нагрузки	До 1 кг	Индивидуально	1500 кг	До 10 кг
Время полёта	До 2 часов	Несколько лет	До 4 часов	До года
Влияние на экологию	Минимальное	Очень существенное (из-за необходимости вывода аппарата в космос)	Существенное	Минимальное
Стоимость удержания 1 кг полезной нагрузки в час (без учёта амортизации оборудования)	0,5 руб.	Не имеет	21 000 руб.	0,16 руб.
Перечень возможного оборудования установленного одновременно	Камера высокого разрешения	Любое	Любое	Любое
Доступность для полевых условий (возможность использовать в полевой экспедиции)	Высокая	Низкая	Низкая	Высокая

Имея ввиду возможность широкого масштабирования размеров аэростата, а значит и его полезной нагрузки, мы можем сформулировать такие виды использования данного аппарата, с возможностью расширять список:

1. получение аэрофотоснимков – возможность долгосрочного висения на большой заданной высоте позволит получить множественные и качественные аэрофотоснимки для дальнейшего дешифрирования и использования в разных областях народного хозяйства;

2. получение данных радиоисследований – минимальное влияние посторонних ради шумов может обеспечить возможность получения качественных материалов радиоисследований;

3. получение метеорологических данных – высота и длительность наблюдений даёт возможность сбора статистики не только для определения текущего состояния погоды, но и для её прогнозирования;

4. круглосуточное наблюдение за окружающей территорией – относительная неподвижность аэростата и длительность его висения предоставляют возможность установки круглосуточного видеонаблюдения за территорией в целях охраны, изучения, туризма и исследования дикой природы;

5. установка высотного ретранслятора средств связи – использование стального удерживающего троса, а также высота размещения аэростата, позволят использовать этот аппарат как часть системы обмена радиоданными, в том числе для целей, не связанных с его основным назначением, например, передаче сообщений о чрезвычайных ситуациях;

6. экологический и почвенный мониторинг земель – по аналогии с аэрофотоснимками, есть возможность получения материалов для почвенного картографирования и оценки состояния экологии;

7. борьба с заболачиванием – по аналогии с аэрофотоснимками, есть возможность получения большого количества данных для оценки и предупреждения процесса заболачивания на территориях.

Переходя от возможностей к теоретическому расчёту, стоит помнить, что реализация вышеизложенных задач зависит целиком от объёма аэростата, а масса полезной нагрузки растёт в геометрической прогрессии.

Расчёт объёма аэростата с полезной нагрузкой может быть представлен следующей формулой:

$$V = (M + P * (4 * Pi * (\frac{3M}{4Pi})^{\frac{2}{3}}),$$

где V – расчётный объём оболочки в m^3 , M – масса полезной нагрузки, удерживающего троса и кабеля питания в кг, P – плотность материала оболочки в kg/m^2 . Техническое задание на проектирование аэростата с высотой висения 500 метров представлены в таблице 2.

Таблица 2

Данные для теоретического расчёта аэростата

Показатель	Значение
Масса полезной нагрузки (без учёта органов управления)	10 кг
Масса стального удерживающего кабеля 7мм диаметром, 500м	85,5 кг
Масса кабеля питания (КГ 2х1), 500м	50 кг
Плотность материала оболочки (Ткань Тафета-190 ПВХ)	0,23 кг/м ²

Согласно этим данным, мы получим, что для теоретического аэростата с высотой висения 500 метров необходим объём порядка 176 м³, что эквивалентно сфере радиусом 6,95 метра. Площадь сферы при этом составит 574 м².

Экономическое обоснование: цена 1 м³ гелия составляет порядка 789,5 рублей. Пополнение объёма гелия необходимо в пределах 2–10% от первоначального количества за год эксплуатации, что для аэростата объёмом 176 м³ составит до 17,6 м³, или порядка 13900 рублей в год.

Итоговая себестоимость аэростата складывается из стоимости подъёмного газа, оболочки, удерживающего и питающего кабелей, а также накладных расходов, которые мы можем принять в 10% от общей стоимости. Расчёт себестоимости каждой позиции и итог представлен в таблице 3 (цены взяты в сети интернет).

Получив итоговую сумму около 300 тысяч рублей, рассчитав амортизацию путём полного замещения и траты на расход подъёмного гелия, ежемесячная стоимость содержания составит порядка 26 160 рублей в месяц. При схожем сроке амортизации, например, для БПЛА «АТЛАС 180 АДК», стоимость его ежемесячной эксплуатации составит уже около 82 917 рублей в месяц, что более чем в 3 раза дороже (<https://clck.ru/38uSwS>).

Таблица 3

Стоимость материалов для создания аэростата

Позиция	Стоимость 1 единицы	Общая стоимость, руб.
Подъёмный газ (гелий, кат. Б)	789,5 рублей за м ³	138 952
Оболочка аэростата	89 рублей за м ²	51 086
Трос стальной, 7мм	116,97 рублей за м	58 485
Кабель КГ 2х1	43,15 рублей за м	21 575
Накладные расходы		27 009,8
Итого		297 107,8

Подводя итог, хочется отметить, что несмотря на моральное устаревание технологии применения аэростатов, возможности и низкая эксплуатационная стоимость могут обеспечить их обширное использование в будущем, если теме будет уделено достаточное внимание.

Литература

1. Грумондз В.Т., Семенчиков Н.В., Яковлевский О.В. Аэромеханика дирижабля. М.: Наука, 2017. 424 с.
2. Вахминцев А.М. Основы производства дирижаблей. М.; Л.: Оборонгиз, 1940. 295 с.



3. Кирилин А.Н. Малоразмерные дирижабли. Конструкция и эксплуатация. М.: Изд-во МАИ, 2003. 116 с.

4. Сургучёв А.Н. Руководство по летной эксплуатации самолета Ан-2 М.: Ордена Трудового Красного Знамени Военное изд-во Министерства Обороны СССР, 1973. 47 с.

© Кушанова А.У., Зотов С.С., 2024