

УДК 537.591.15

ПРИВЯЗНОЙ АЭРОСТАТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В АНТАРКТИДЕ

С. И. Никольский¹, Р. А. Антонов¹, Г. Е. Верба², Р. Е. Гольдберг², А. В. Перельдик¹,
Т. И. Сысоева, С. В. Федоров², С. П. Черников

В статье представлены описание и технические характеристики привязного аэростата АПА-1, предназначенного для подъема научной аппаратуры и обеспечения длительного непрерывного функционирования ее на заданной высоте. Аэростат специально разработан применительно к условиям эксплуатации его в Арктике и Антарктиде, для эксперимента по измерению энергетического спектра и формы функции пространственного распределения черенковского света ШАЛ в области энергий от 10^{15} до 10^{18} эВ.

В Антарктиде на станции Новолазаревская в период с июня по август 2003 г. начнется эксперимент по измерению энергетического спектра и формы функции пространственного распределения черенковского света ШАЛ в области энергий от 10^{15} эВ до нескольких единиц 10^{18} эВ с использованием нового метода, основанного на регистрации черенковского света ШАЛ, отраженного от покрытой снегом поверхности Земли. Измерения будут проводиться с помощью аэростатной установки СФЕРА на новом привязном аэростате.

Для этого предприятием ЗАО "Воздухоплавательный центр "Авгурь" по техническому заданию ФИАН и НИИЯФ МГУ был специально разработан и изготовлен привязной аэростат АПА-1 ("Антарктический привязной аэростат-1"), общий вид которого показан на рис. 1.

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.

² ВЦ "Авгурь".

Аэростат имеет следующие основные характеристики:

- объем оболочки 250 м^3 ;
- длина аэростата 15.35 м ;
- максимальный диаметр 5.75 м ;
- масса полезной нагрузки 85 кг ;
- суммарная масса аэростата с грузом 190 кг ;
- привязной трос синтетический;
- диаметр троса 3.5 мм ;
- погонная масса троса 10 г/м ;
- длина троса 1500 м ;
- разрывное усилие троса 700 кгс ;
- рабочая высота стоянки не менее 1000 м ;
- максимально допустимая скорость ветра при стоянке аэростата на рабочей высоте 20 м/с ;
- газопроницаемость материала оболочки при 15°C 5 л/м^2 в сутки.

Оболочка аэростата представляет собой удобообтекаемое тело вращения, меридиан которого описывается в безразмерном виде следующим уравнением

$$\bar{y} = 0.385 \cdot \bar{x}^{0.4} \cdot (1 - \bar{x}), \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1.$$

Здесь $\bar{y} = \frac{y}{L}$, $\bar{x} = \frac{x}{L}$, x, y – координаты точки обвода оболочки в связанной системе координат с началом в носовой точке; L – теоретическая длина аэростата.

Для компенсации изменения газового объема при подъеме и спуске аэростата, поддержания правильной геометрической формы и необходимого сверхдавления в оболочке используется стягивающая система из резиновых амортизаторов, расположенных в нижней части оболочки. Амортизаторы крепятся к двум специальным поясам, приваренным к оболочке вдоль корпуса, и стягивают заключенную между поясами часть оболочки, изменяя тем самым длины окружностей поперечных сечений оболочки и ее объем. Установленная на аэростате АПА-1 стягивающая система создает сверхдавление при начальном объеме 20 мм вод.ст. , а при максимальном объеме – 60 мм. вод.ст.

Оперение АПА-1 состоит из трех стабилизаторов – одного верхнего и двух боковых, установленных на оболочке в кормовой части. Верхний стабилизатор устанавливается в вертикальной плоскости симметрии оболочки, а боковые расположены в нижней части под углом 108° один к другому. Все три стабилизатора одинаковы по размерам и

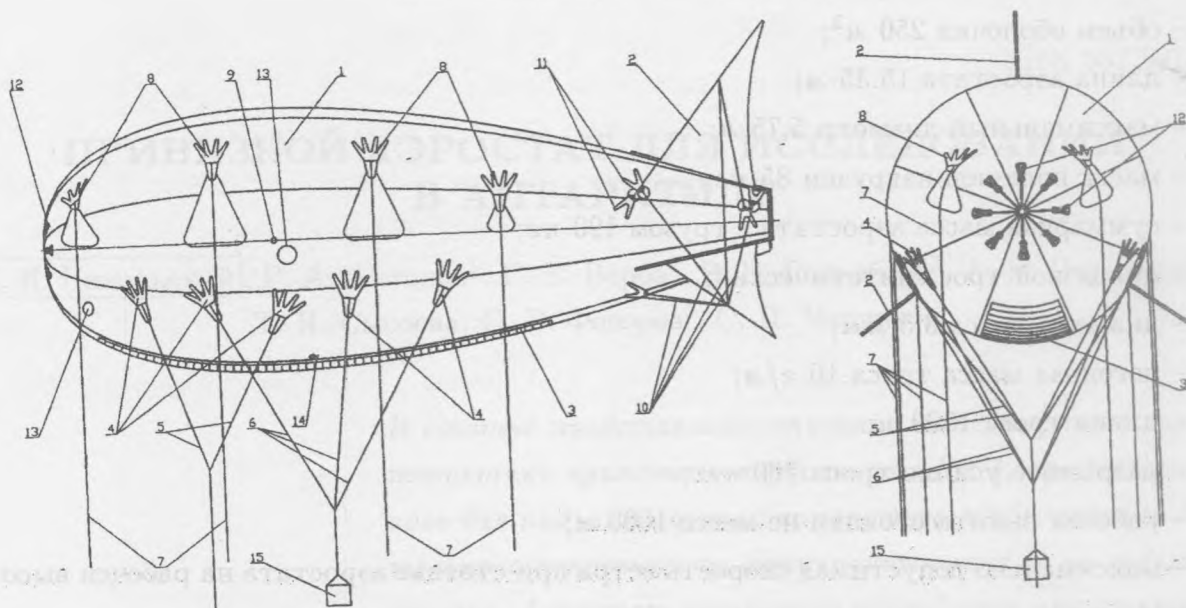


Рис. 1. Общий вид привязного аэростата АПА. 1. Оболочка. 2. Оперение. 3. Стягивающая система. 4. Лапы такелажа. 5. Такелаж привязной. 6. Такелаж подвесной. 7. Такелаж удерживающий. 8. Лапы такелажа удерживающего. 9. Газовый клапан. 10. Расчалки оперения. 11. Лапы расчалок. 12. Лапы носовые. 13. Газовый аппендикс. 14. Манометрическая трубка. 15. Контейнер с аппаратурой.

конструктивному исполнению. Они имеют жесткий каркас, выполненный из труб из материала Д16АТ, обтянутый тканью в виде паруса, натяжение которого производится с помощью канатика. Каркас имеет подкос, позволяющий складывать стабилизатор при транспортировке. В кормовой части оболочки устанавливается треугольник из труб, соединяющий все три стабилизатора. Треугольник пришаговывается к оболочке. Стабилизаторы крепятся к оболочке с помощью карманов и расчалок, удерживающих их в определенном положении по отношению к оболочке и связывающих стабилизаторы между собой.

Для присоединения контейнера с аппаратурой к аэростату используется подвесной такелаж, который состоит из шести строп, прикрепленных к лапам на оболочке и клямкам на контейнере. Расположение строп позволяет при необходимости изменением длин строп варьировать на стартовой площадке координаты центра масс контейнера относительно оболочки с тем, чтобы обеспечить оптимальный начальный угол тангажа аэростата.

На оболочке АПА-1 установлен предохранительный газовый клапан, предназначенный для выпуска излишка газа при чрезмерном возрастании сверхдавления. Кинематическая схема клапана такова, что клапан должен полностью открываться при сверхдавлении 75 – 80 мм вод.ст. и закрываться хлопком при сверхдавлении 65 – 70 мм вод.ст.

При стоянке аэростата на рабочей высоте его угол атаки, высота стоянки и снос зависят от аэродинамических характеристик аэростата и действующих на него ветровых нагрузок. Проведенные расчеты показали, что при выбранных координатах узла привязи и точки подвески груза угол атаки аэростата изменяется примерно от минус 3 до плюс 9 градусов в зависимости от величины скоростного напора и температуры окружающей среды. Величина натяжения привязного троса в верхней его точке при максимальной скорости ветра 20 м/с не превышает 210 кгс, что с точки зрения прочности является допустимым.

В табл. 1 показаны значения высоты стоянки Y , сноса X аэростата, натяжения привязного троса $T_{тп}$, угла φ наклона троса к поверхности земли и объема U газа в оболочке на высоте стоянки в зависимости от длины троса l при двух значениях скоростного напора ветра – максимальном задаваемом в техническом задании $q = 25 \text{ кгс/м}^2$ (скорость ветра $v = 20 \text{ м/с}$) и среднем $q = 15 \text{ кгс/м}^2$ ($v \approx 14 \text{ м/с}$). Температура окружающей среды T_a принималась равной примерно средней для зимнего периода в Антарктиде – 258 К (–15°С), начальный объем заливаемого в оболочку газа – $U_0 \approx 220 \text{ м}^3$.

Т а б л и ц а 1

$q, \text{ кгс/м}^2$	$l, \text{ м}$	$X, \text{ м}$	$Y, \text{ м}$	$T_{тп}, \text{ кгс}$	$\varphi, \text{ град}$	$U, \text{ м}^3$
25	1100					
	1200	798	939	204	40.1	243.7
	1300	805	1002	204	38.5	245.2
	1400	884	1064	204	37.0	246.7
	1500	964	1124	204	35.6	248.1
15	1100	600	910	137	44.7	243.0
	1200	672	977	137	42.9	244.6
	1300	746	1043	137	41.2	246.2
	1400	822	1108	137	39.5	247.7
	1500	899	1170	137	37.9	249.3

Из рассмотрения таблицы 1 можно видеть следующее.

1. Длина троса, обеспечивающая подъем аэростата на высоту не менее 1000 м, составляет примерно 1300 м как при максимальном скоростном напоре, так и при средней величине напора.

2. Угол наклона троса к поверхности земли при выбранном объеме аэростата и длине троса 1300 м равен примерно 40 градусам, что является вполне приемлемым.

3. При заданном начальном объеме газа, длине троса 1300 м и скоростных напорах не ниже средней величины, объем подъемного газа на высоте стоянки ПА не превышает конструктивного объема оболочки. Для того, чтобы избежать потери подъемного газа, при скоростях ветра, близких к нулевым, необходимо уменьшать длину сдаваемого троса.

В табл. 2 приведены температурные зависимости характеристик АПА-1 при длине троса 1500 м и напоре 25 кгс/м².

Т а б л и ц а 2

T_a, K	$X, м$	$Y, м$	$T_{тр}, кгс$	$\varphi, град$	$U, м^3$
243	960	1124	201	35.5	248.1
258	964	1124	204	35.6	248.1
273	983	1108	203	34.9	248.0
288	977	1113	207	35.4	247.9

Из табл. 2 видно, что при всех реальных температурах и максимальном скоростном напоре ветра может быть достигнута необходимая высота стоянки аэростата без потери подъемного газа.

Таким образом, результаты проведенных расчетов показывают, что характеристики аэростата АПА-1 позволяют обеспечить работу установки СФЕРА во всем диапазоне заданных внешних условий эксплуатации.

В заключение отметим, что аэростат АПА-1 можно также использовать и для решения многих других задач (например, ретрансляция связи, подъем теле-, кино-, фотоаппаратуры, экологический мониторинг, обнаружение аварийных ситуаций, подъем средств рекламы и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Коновалова Н. С., Сысоева Т. И., Черников С. П., Чубенко А. П. Краткие сообщения по физике ФИАН (1989).
- [2] Антонов Р. А., Никольский С. И., Панасюк М. И., Сысоева Т. И., Черников С. П. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 12, 39 (2001).
- [3] Сысоева Т. И. Доклад на 7-ой межрегиональной конференции "Системный анализ и управление космическими комплексами", Евпатория, 2002 г., с. 69, изд-во ФГУП НИЦ им. Бабакина, 2002 г.

Поступила в редакцию 28 декабря 2002 г.