

Н.П.ПОЛОЗОВ
М.А.СОРОКИН



ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ

ВОЕНИЗДАТ
1940

Н. П. ПОЛОЗОВ и М. А. СОРОКИН

ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАРОДНОГО КОМИССАРИАТА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА — 1940

**Н. П. Полозов и М. А. Сорокин,
„Воздухоплавание“.**

Книга содержит краткую историю развития воздухоплавания и его военного применения, а также рассматривает вопросы элементарной теории воздухоплавания, технического описания материальной части воздухоплавательных аппаратов, приборов и оборудования.

Книга рассчитана на начальствующий состав Красной Армии.

Редакторы: майор Патрикеев Ф. А., Военный инженер 1 ранга Прилуцкий Ю. Г. Технич. редактор Стрельникова М. А.
Обложка художника Брюлина И. Г.
Корректоры: Косоурова А. В., Лишина Р. А.

Сдано в производство 28/II-40 Подписано к печати 10/VIII-40 г.
Формат бумаги 60×92/16. Объем 23½ п. л.+4 вклейки.
11²/ бум. л., 27,3 уч.-авт. л. Г 137С0. Изд. № 163. Зак. № 3408.

4-я тип. ОГИЗа РСФСР треста «Полиграфкнига» имени
Евг. Соколовской, Ленинград, пр. Красных Командиров, 23.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Глава I. Воздух и его свойства	5
1. Общие положения	5
2. Изменение давления и плотности воздуха с высотой	7
3. Основные законы газов	11
Глава II. Аэростатные газы	18
4. Общие положения	18
5. Водород	19
6. Гелий	20
7. Светильный газ	21
8. Нагретый воздух	22
Глава III. Краткая история развития воздухоплавания и его военного применения	28
9. Сферические аэростаты	23
10. Змейковые аэростаты наблюдения и их боевая работа	35
11. Аэростаты заграждения	58
12. Воздушные змеи	64
13. Дирижабли	66
Глава IV. Материальная часть воздухоплавательных аппаратов	94
14. Сферические аэростаты	94
15. Субстратостаты и стратостаты	104
16. Змейковые аэростаты (общие положения)	110
17. Аэростаты наблюдения	112
18. Моторизованные аэростаты наблюдения	130
19. Аэростаты заграждения (АЗ)	136
20. Управляемые аэростаты (дирижабли) (общие положения)	140
21. Мягкие дирижабли	140
22. Полужесткие дирижабли	147
23. Жесткие дирижабли	160
24. Дирижабли с металлической оболочкой	173
25. Клапаны	176
Глава V. Статика выполненного и невыполненного аэростата	185
Глава VI. Материальная часть наземного оборудования	193
Глава VII. Эксплуатация привязных аэростатов	212
26. Подготовка оболочек и наполнение их газом	212
27. Подъем аэростатов	218
28. Маневры с аэростатом	225
29. Выбор аэростатов. Бивак	227

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Глава VIII. Материалы, идущие на постройку аэростатов	233
30. Краткие сведения о сопротивлении материалов	233
31. Волокнистые вещества	255
32. Каучук	261
33. Ткани для воздухоплавания	264
34. Баллонные материи и их испытания	267
35. Резиновые шнуры растягивающейся системы	311
36. Воздухоплавательный такелаж	315
37. Тросы для привязных аэростатов	324
Глава IX. Специальные воздухоплавательные испытания материалов	327
38. Испытания моделей	327
39. Нормальная характеристика баллонных материй	330
Глава X. Испытания материалов аэростатов в складских и полевых условиях	334
40. Испытания оболочек	334
41. Испытания веревочного такелажа	342
42. Испытания резиновых шнуров	343
43. Испытания тросов	344
Глава XI. Нормы забракования оболочек	345
Глава XII. Ремонт аэростатов в складских и полевых условиях	351
Глава XIII. Хранение материальной части на складах	354
Приложения:	
1. Шкала силы ветра по 12-балльной системе Бофорта	359
2. Таблица международной стандартной атмосферы	360
3. Номограмма для определения плотности воздуха при данном атмосферном давлении и температуре	366
4. Номограмма для определения удельной подъемной силы водорода при данной плотности воздуха и чистоте газа	367
5. Таблица подъемной силы водорода в зависимости от изменения чистоты газа и температуры	368
6. Определение подъемной силы газа при помощи шара-пилота	370
7. Таблица перевода километров в морские мили	373
8. Таблица перевода морских миль в километры	373
9. Определение газопроницаемости оболочек с помощью таблиц	374
10. Перечень источников	376

Глава I

ВОЗДУХ И ЕГО СВОЙСТВА

1. Общие положения

Газообразная оболочка земного шара, называемая атмосферой, представляет собой механическую смесь газов, химически не действующих друг на друга. Имея в своем составе кислород, поддерживающий горение, атмосфера дает возможность существования различным организмам.

Воздушные слои, пропуская световые лучи, значительно задерживают тепловые лучи, испускаемые земной поверхностью, и тем самым замедляют охлаждение земли. При интенсивном нагреве земли солнцем начинается сильное испарение воды, и пары, поднимаясь в верхние слои атмосферы, охлаждаясь, образуют облака, которые уменьшают дальнейший нагрев земли солнцем. Таким образом, атмосфера во всех условиях является регулятором теплового состояния земли.

Воздух, как и всякий газ, обладает стремлением распространяться во все стороны и удерживается вокруг земли только вследствие своего веса.

Около земной поверхности основную массу воздуха составляют: азот — 78% и кислород — 21% (по объему).

Из других газов, входящих в состав воздуха в количествах, исчисляемых десятками и сотыми долями процента, следует упомянуть углекислый газ, аргон, гелий и водород. Кроме указанных газов, в воздухе постоянно присутствуют в большом количестве водяные пары и атмосферная пыль, отдельные частицы которой могут достигать высоты 40—50 км.

В течение долгого времени предполагали, что слои воздуха на высоте 20 км отличаются по составу от слоев воздуха у земли, но полеты стратостатов в СССР и США показали, что соотношение азота и кислорода на высоте 19—20 км остается таким же, как и у земли.

Конечно, тяжелые газы (углекислота, аргон, кислород и азот)

убывают с высотой быстрее, чем легкие (водород и гелий) ¹. Подсчет, основанный на этих соображениях, дает следующую приблизительную картину изменения с высотой содержания газов в атмосфере, графически представленную на рис. 1.

Пространство между кривыми соответствует процентному содержанию газов на различных высотах. Из рисунка видно, что

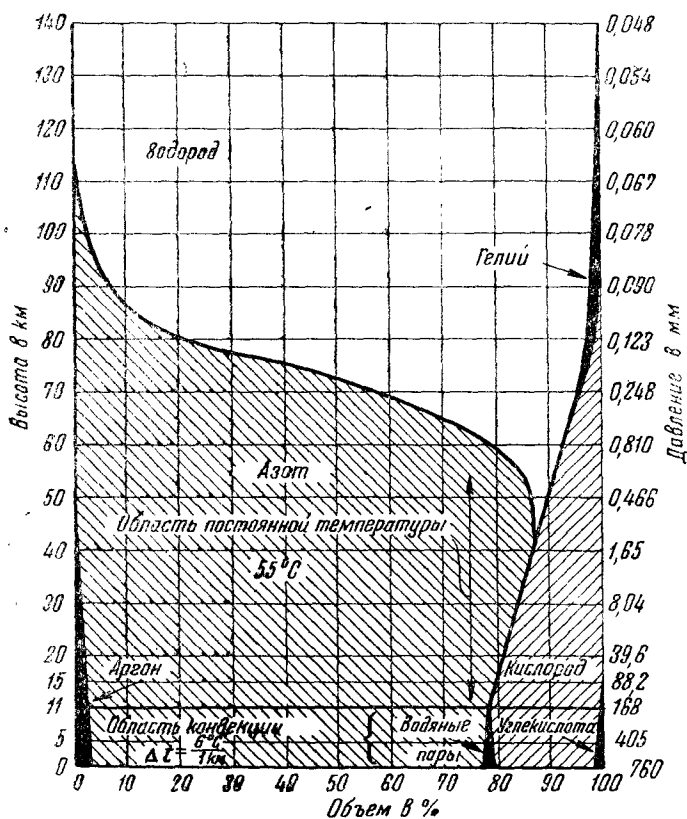


Рис. 1. Состав атмосферного воздуха на разных высотах.

содержание аргона становится ничтожно малым уже на высоте 30 км, кислорода — на высоте 80 км, азота — 130 км. В то же время с высотой начинает возрастать относительное содержание водорода, так как его убывание с высотой, ввиду его легкости, происходит в 14 раз медленнее, чем азота.

Вследствие своего веса окружающая землю воздушная масса производит на все находящиеся в ней тела со всех сторон оди-

¹ Водород, если взять его в одинаковом объеме с другими газами, в 14 раз легче азота, в 16 раз легче кислорода, в 20 раз легче аргона и в 22 раза легче углекислоты.

наковое давление. Это давление называется атмосферным. С высотой величина атмосферного давления уменьшается.

Определить величину атмосферного давления весьма просто: наполним ртутью стеклянную трубку длиной около 1 м, запаянную с одного конца, затем, закрыв открытый конец трубки пальцем, опустим его в чашку с ртутью и там палец отнимем. Ртуть не выльется полностью в чашку, часть ее останется в трубке.

Высота оставшегося столба ртути в разные дни и даже в разное время дня может быть различна, в зависимости от давления воздуха.

В верхнем запаянном конце трубки над ртутью образуется пустота, и, если, разбив конец трубки, пропустить туда воздух, ртуть в трубке немедленно упадет до уровня ее в чашке.

Из опыта, проведенного впервые в 1643 г. итальянским физиком Торичелли, видно, что вес ртути, оставшейся в трубке, равен силе атмосферного давления на ртуть в нижнем конце трубки (на уровне ртути в чашке).

Следовательно, по весу ртути в трубке мы можем судить о давлении атмосферы.

Среднее давление атмосферы на уровне моря под 45° географической широты, соответствующее при 0°C высоте 760 мм рт. ст. и равное $10\,333\text{ кг/м}^2$, или $1,0333\text{ кг/см}^2$, называется нормальным барометрическим давлением.

Атмосферное давление 760 мм рт. ст. при 15°C на уровне моря в международном масштабе принято за стандарт и носит название стандартной атмосферы.

Давление, равное 1 кг/см^2 , называется атмосферой (технической или метрической) и соответствует высоте ртутного столба:

$$760 \frac{10000}{10333} = 735,6 \text{ мм (при } 0^\circ\text{C)}.$$

Измерение атмосферного давления производится ртутными барометрами, металлическими барометрами (анероиды)¹, барографами; последние записывают изменение давления атмосферы на специальной ленте.

2. Изменение давления и плотности воздуха с высотой

С поднятием на высоту вышележащий слой воздуха будет иметь меньшую плотность, а следовательно, и меньший вес, чем на земле, поэтому он будет создавать меньшее давление. График,

¹ Существенную часть металлического барометра составляет круглая запаянная металлическая коробка с волнистыми стенками. Воздух из этой коробки откачан. При повышении внешнего давления коробка сжимается, при уменьшении давления — выпрямляется; это движение системой рычажков передается на стрелку, указывающую величину давления по шкале прибора.

приведенный на рис. 2, показывает изменение температуры, давления и веса воздуха с высотой.

Так как с высотой давление и температура уменьшаются, то это влечет за собой и изменение плотности воздуха¹.

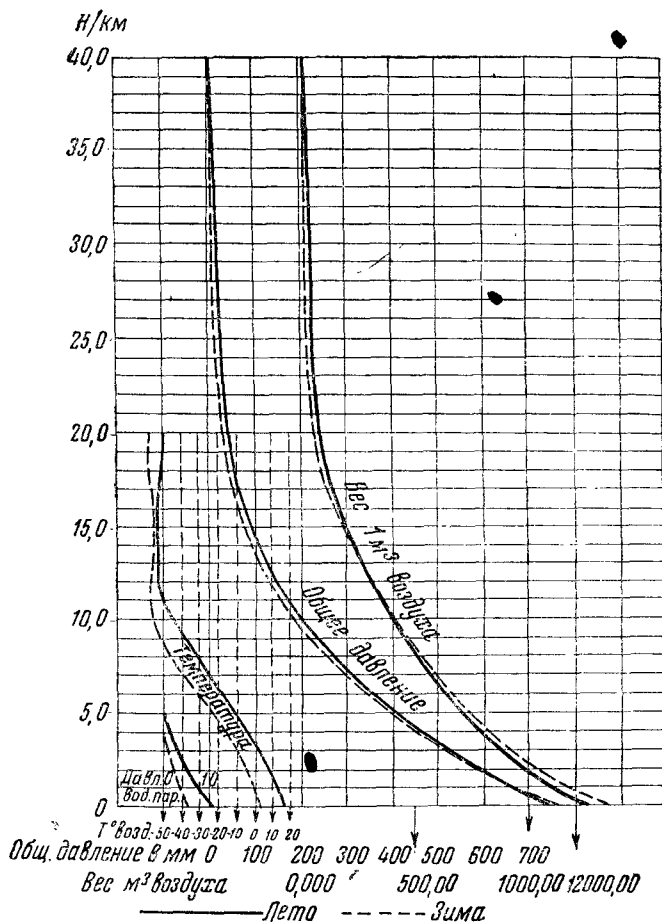


Рис. 2. Изменение веса, давления и температуры воздуха с высотой.

¹ Атмосферу делят на две части — тропосферу и стратосферу. Тропосфера — слой воздуха, где ощущается влияние перемешивания воздуха, нагретого земной поверхностью; она имеет границу от 11 км в северных широтах до 18 км над экваториальными широтами. Основной особенностью тропосферы является падение температуры с высотой, т. е. наличие так называемого вертикального градиента температуры, величина которого приблизительно равна $0,6^\circ$ на каждые 100 м, или 6° на 1000 м высоты. С высоты границы тропосферы температура около -55 — -56°C остается постоянной (а над экватором понижается до -90°C). Постоянство температуры и отсутствие облачности являются характерной особенностью стратосферы.

Плотность воздуха¹ зависит от давления и температуры: с уменьшением давления она уменьшается, а с уменьшением температуры увеличивается. Плотность воздуха также зависит от наличия в нем водяных паров.

Весовая плотность сухого воздуха при стандартном давлении и температуре равна $1,2255 \text{ кг/м}^3$, а это означает, что 1 м^3 воздуха при этих условиях весит $1,2255 \text{ кг}$.

В тех случаях, когда не требуется очень высокой степени точности, плотность в зависимости от температуры определяют по следующей формуле:

$$\rho = \rho_0 [1 - 0,00347 (t - 15^\circ)], \quad (1)$$

где ρ — плотность воздуха или газа;

t — измеренная температура; значок ρ_0 обозначает, что соответствующее значение ρ взято при стандартных условиях.

Изменения плотности в зависимости от изменения давления воздуха на уровне моря или в данной точке земной поверхности относительно невелики: показания барометра весьма редко бывают выше 800 мм и ниже 720 мм , т. е. на $\pm 5\%$.

При изменении давления атмосферы от одного крайнего значения до другого максимальное изменение плотности только около 8% , т. е. по 4% в ту или другую сторону от стандартного значения плотности. Изменение плотности с высотой будет иное.

Пределы изменений плотности на уровне моря в зависимости от изменения температуры значительно большие, чем в зависимости от изменения давления.

На графике (рис. 3) представлено изменение плотности сухого воздуха в зависимости от давления и температуры.

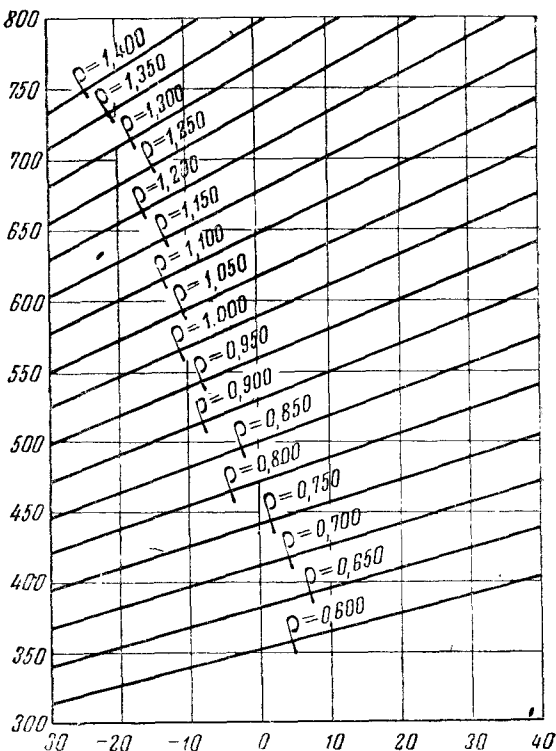


Рис. 3. Плотность воздуха (кг/м^3) в зависимости от давления и температуры.

¹ Плотность воздуха нас интересует главным образом для определения подъемной силы газов, применяемых в воздухоплавании, поэтому здесь этот вопрос разбирается вкратце.

Влажность воздуха оказывает на его плотность незначительное влияние, но когда нужен точный подсчет плотности, то на влажность, в зависимости от ее величины, необходимо внести поправку, которую можно взять из графика, представленного на рис. 4.

Из графика видно, что присутствие водяных паров уменьшает плотность воздуха, делает его легче сухого. Для вычисления

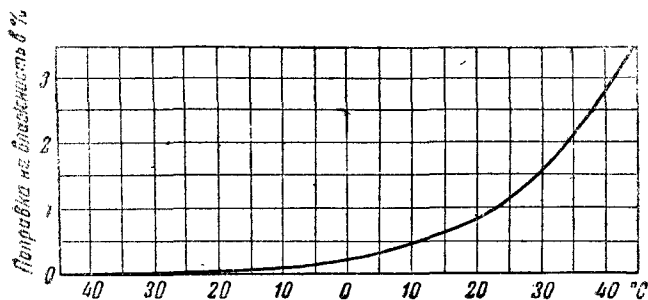


Рис. 4. Влияние влажности на плотность воздуха при полном насыщении.

плотности воздуха в зависимости от давления пользуются следующей формулой:

$$\rho = \rho_0 \frac{p_1}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_1}, \quad (2)$$

где ρ — плотность искомая;

ρ_0 — плотность при стандартных условиях;

p_1 — давление при данных условиях;

p_0 — давление при стандартных условиях;

T_0 — абсолютная температура при стандартных условиях, равная $273 + 15 = 288^\circ \text{C}$;

$T_1 = t + 273^\circ \text{C}$ — абсолютная температура.

Пользуются и другой формулой, дающей приблизительное значение:

$$\rho = \rho_0 \frac{p_1}{p_0} [1 - 0,00378 (t - 15^\circ)]. \quad (3)$$

Ниже приводятся формулы, с помощью которых, имея величину давления на данной высоте по барометру, можно достаточно точно определить высоту.

Формула Иордана, представленная в следующем виде:

$$\frac{h}{H} = \frac{2(p_0 - p)}{(p_0 + p)}, \quad (4)$$

где h — искомая высота;

H — высота однородной атмосферы, равная 8 000 м;

p_0 — начальное атмосферное давление;

p — атмосферное давление на высоте.

Для больших высот лучше пользоваться следующей эмпирической формулой:

$$\frac{h}{H} = \frac{2(p_0 - p)}{0,9p_0 + 1,1p} \quad (5)$$

Здесь для высот до 6 000 м точность до 1%.

Для определения зависимости между плотностью и высотой существует переработанная проф. Уорнером формула Эверлинга, которая имеет следующий вид:

$$\frac{p}{p_0} = \frac{2 - 0,951 \left(\frac{h}{10000} \right) - 0,054 \left(\frac{h}{10000} \right)^2}{2 + 0,951 \left(\frac{h}{10000} \right) + 0,054 \left(\frac{h}{10000} \right)^2}, \quad (6)$$

где p — искомая плотность;

h — высота полета в м;

p_0 — плотность при стандартных условиях.

Если температура на уровне моря не 15°C , то необходимо внести поправку, которую получают по нижеследующей формуле, обеспечивающей точность до 1% для всех температур от -7° до $+45^\circ \text{C}$:

$$\pm \Delta \left(\frac{p}{p_0} \right) = \left(\frac{15 - t_1}{268 + t_2} \right) \left(1 - \frac{h}{7620} \right)^3, \quad (7)$$

где $\Delta \left(\frac{p}{p_0} \right)$ — поправка к отношению плотностей;

t_1 — действительная температура на уровне моря;

h — высота подъема в м.

3. Основные законы газов

Газ — это такое агрегатное состояние вещества, при котором молекулы его весьма слабо связаны внутренними силами.

При рассмотрении газовых явлений в метеорологии и воздухоплавании без заметной ошибки можно считать сухой воздух и воздухоплавательные газы как газы идеальные, не превращающиеся в жидкость, за исключением водяного пара, который в атмосфере может присутствовать в трех агрегатных состояниях: газообразном, жидком и твердом.

Идеальные газы в своих изменениях полностью подчиняются законам Бойля-Мариотта и Гей-Люссака. Реальные газы, т. е. действительные газы, фактически от этих законов отступают, но если все же они к ним применяются, то этим допускается некоторое приближение.

О всех телах судят по их характерным свойствам. Величины, являющиеся мерилем этих свойств, носят название параметров.

Параметрами газа являются его объем, давление и температура.

Объем газа. Полный объем произвольного количества газа обозначается через V и измеряется в м^3 . Объем 1 кг газа

обозначается через ν измеряется в $\text{м}^3/\text{кг}$ и называется удельным объемом. При этом $V = \nu G$, где G — вес газа в кг .

Вес 1 м^3 газа обозначается через γ и называется весовой плотностью, иногда — удельным весом газа, который измеряется в $\text{кг}/\text{м}^3$; массовая плотность газа:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{\gamma}{981} \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4},$$

где γ газа есть величина, обратная его удельному объему ν , т. е. $\gamma = \frac{1}{\nu}$, что вытекает из определения удельного объема и весовой плотности, а именно:

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ и } \nu = \frac{V}{G}.$$

Давление газа. Отношение $\frac{G}{S}$, где G — нормальная к поверхности S и равномерно по ней распределенная сила, обозначается через P и p ; первое употребляется при измерении давления в $\text{кг}/\text{м}^2$, второе — при измерении давления в $\text{кг}/\text{см}^2$.

Это — измерение давления газа как силы в кг ; но есть и другой способ измерения давления — высотой столба жидкости, уравновешивающего давление газа (рис. 4а):

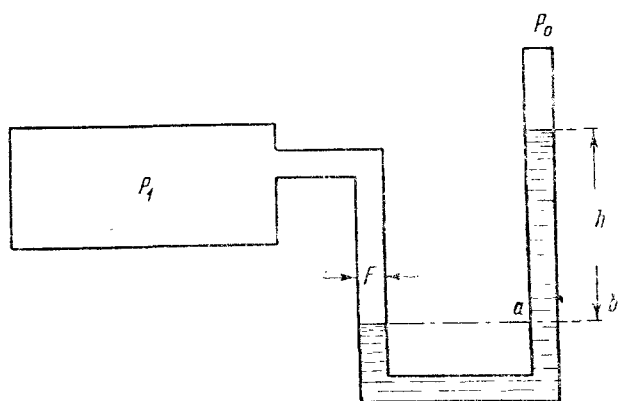


Рис. 4а.

- F — площадь сечения трубки;
- P_0 — атмосферное давление;
- P_1 — давление газа в сосуде;
- γ — вес 1 м^3 жидкости в трубке;
- h — высота столба жидкости.

При $P_1 > P_0$ в сечении ab установится равновесие сил, на него действующих, выражаемое равенством:

$$P_1 F = P_0 F + F h \gamma,$$

откуда

$$h = \frac{P_1 - P_0}{\gamma},$$

т. е. высота столба жидкости, уравновешивающего разность давлений, пропорциональна разности давлений, обратно пропорциональна плотности жидкости и не зависит от площади сечения трубки.

Если $P_1 - P_0 = 1 \text{ ат} = 10\,000 \text{ кг/м}^2$, то высота h при заполнении трубки ртутью будет равна:

$$h = \frac{P_1 - P_0}{\gamma} = \frac{10000}{13595} = 735,6 \text{ мм},$$

это при $t = 0^\circ \text{С}$, так как только при этих условиях γ ртути равняется $13\,595 \text{ кг/м}^3$.

При заполнении трубки водой, для которой $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$, высота h будет равна:

$$h = \frac{P_1 - P_0}{\gamma} = \frac{10000}{1000} = 10 \text{ м}.$$

Температура газа. Температура обозначается через t и T . Первое обозначение соответствует измерению температуры по шкале Цельсия, второе — измерению по абсолютной шкале¹.

$$T = 273^\circ + t.$$

При 0°С столб ртути высотой 760 мм уравнивается величиной одной физической атмосферы, но это действительно только при $t = 0^\circ \text{С}$, так как при этом удельный вес 1 м^3 ртути равен $13\,595 \text{ кг/м}^3$. Если высота столба ртути будет отмечена при температуре, отличной от 0°С , то при определении величины давления высоту столба ртути необходимо привести к 0°С . Для температур, больших 0°С , данную высоту ртути уменьшают, а для температур, меньших 0°С , высоту увеличивают на соответствующую поправку.

Поправки обычно берутся из таблиц, но их легко определить. Для приведения к 0°С отсчитанной при температуре t° высоты барометра h нужно из последней вычесть, если $t^\circ > 0^\circ \text{С}$, или к ней прибавить, если $t^\circ < 0^\circ \text{С}$, $0,00018 \text{ ht}$, где $0,00018$ — средний коэффициент расширения ртути между 0 и 100°С . Если к тому же принять во внимание изменение шкалы, по которой производится отсчет, то эта поправка будет $0,00017 \text{ ht}$ для стеклянной шкалы и $0,00016 \text{ ht}$ — для латунной.

Закон Паскаля

Жидкости и газы передают оказываемое на них извне давление равномерно во все стороны, т. е. каждый квадратный сантиметр площадки, как бы она ни была расположена — внутри жидкости или газа, будет испытывать с обеих сторон равные давления.

Закон Архимеда

Так как любая площадка внутри жидкости испытывает давление по нормали (перпендикуляр) к ней, то и тело, погруженное

¹ Абсолютная температура отсчитывается по абсолютной шкале, нуль которой лежит на 273° ниже нуля шкалы Цельсия.

в жидкость, будет также испытывать со стороны прилегающей к нему жидкости нормальное давление со всех сторон: с боков, сверху вниз и снизу вверх. Но давление $h_1 S$ снизу больше давления $h_2 S$ сверху; поэтому погруженное в жидкость тело будет последней выталкиваться снизу вверх с некоторой силой; эта сила равна весу вытесненной телом жидкости (рис. 46).

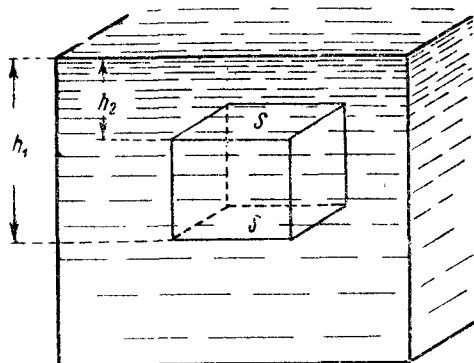


Рис. 46.

Закон Бойля-Мариотта

Если увеличить или уменьшить объем постоянного весового количества газа при постоянной температуре, то давление газа будет уменьшаться или соответ-

ственно увеличиваться. При этом, если начальное состояние газа обозначить через p_1 и v_1 , а конечное — через p_2 и v_2 , то для идеальных газов обнаруживается зависимость:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2},$$

или, иначе,

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 = p_i v_i = \text{const},$$

или

$$PV = \text{const},$$

которая показывает, что в процессе изменения состояния газа при $T = \text{const}$ произведение удельного объема на давление для любого момента процесса есть величина постоянная.

Заменяя в выражении $p_1 v_1 = p_2 v_2$ удельные объемы через удельные веса, пользуясь соотношением $v = \frac{1}{\gamma}$, получим:

$$\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{p_2}{p_1},$$

т. е. изменение удельного веса (весовой плотности) газа при постоянной температуре прямо пропорционально изменению давления.

Закон Гей-Люссака

Если происходит нагревание или охлаждение газа при постоянном давлении p , то объем его изменяется пропорционально изменению температуры. Приращение объема при нагревании и уменьшение его при охлаждении происходят на $\frac{1}{273}$ часть начального объема V на каждый градус изменения температуры. $\frac{1}{273} = \alpha$, коэффициент объемного расширения, — для всех газов величина постоянная.

Обозначим при 0°C объем газа через V_0 , тогда объем газа при t_1° будет:

$$V_1 = V_0 + V_0 \alpha t_1 = V_0(1 + \alpha t_1) = V_0 \left(1 + \frac{t_1}{273}\right),$$

где $V_0 \alpha t_1$ — приращение объема газа. При остывании газа конечный объем будет:

$$V_1 = V_0 - V_0 \alpha t_1 = V_0(1 - \alpha t_1) = V_0 \left(1 - \frac{t_1}{273}\right).$$

Беря отношение объемов газа, определенных при t_1 и t_2 , найдем:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0(1 + \alpha t_1)}{V_0(1 + \alpha t_2)} = \frac{1 + \frac{1}{273} t_1}{1 + \frac{1}{273} t_2} = \frac{273 + t_1}{273 + t_2} = \frac{T_1}{T_2};$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Отношение объемов газа в процессах, протекающих при $P = \text{const}$, прямо пропорционально отношению абсолютных температур. Зависимость эта носит название закона Гей-Люссака.

Сам процесс протекает по закону прямой, параллельной в диаграмме PV оси V . Прямая эта носит название изобары, а сам процесс — изобарного (рис. 4в).

Заменяя отношение удельных объемов отношением удельных весов, найдем:

$$\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{T_1}{T_2},$$

т. е. при $P = \text{const}$ отношение удельных весов обратно пропорционально отношению абсолютных температур.

При нагревании постоянного объема газа в закрытом сосуде давление газа увеличивается также примерно на $\frac{1}{273}$ долю того давления, которое имел бы газ при 0°C .

Давление газа p_1 при t_1 выразится формулой:

$$p_1 = p_0 \left(1 + \frac{1}{273} t_1\right),$$

где p_0 — давление массы газа при 0°C .

Процесс протекает по закону прямой, параллельной оси P . Эта прямая носит название изоплеры, а сам процесс — изоплерного.

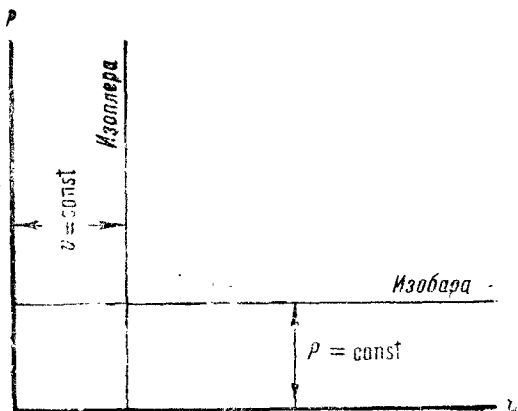


Рис. 4в.

С понижением температуры газа уменьшаются производимое давление и занимаемый им объем. Если бы газ был охлажден до -273°C , то давление газа и его объем равнялись бы нулю. Такая температура носит название абсолютного нуля; абсолютный нуль лежит на 273°C ниже условного нуля (точки таяния льда 0°).

Температура T , отсчитываемая не от точки таяния льда, а от абсолютного нуля, равна $T = -273^\circ + t$ (где t — в $^\circ \text{C}$) и носит название абсолютной температуры тела.

Соединенный закон Бойля-Мариотта и Гей-Люссака

Пусть имеем два состояния газа: $v_1 p_1 T_1$ и $v_2 p_2 T_2$. Посмотрим, как изменяется объем газа при одновременном изменении его давления и температуры:

при $T = \text{const}$

$$p_1 v_1 = p_2 v_2;$$

при $P = \text{const}$

$$v_2 = v_1 \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}.$$

Чтобы перейти от состояния p_1 , соответствующего объему v_1 , к состоянию p_2 , соответствующему объему v_2 , вначале изменим только давление p_1 на p_2 . Из уравнения Бойля-Мариотта получим объем (v) , пока еще не окончательный:

$$(v) = \frac{p_1 v_1}{p_2}.$$

Сохраняя давление p_2 неизменным, изменим температуру с t_1 до t_2 , отчего объем изменится вновь:

$$v_2 = (v) \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} = \frac{p_1 v_1}{p_2} \cdot \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1},$$

откуда

$$v_2 p_2 = p_1 v_1 \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}.$$

При $t = 0$, $p_1 = p_0$ и $v_1 = v_0$ получим:

$$v p = v_0 p_0 (1 + \alpha t) = v_0 p_0 \alpha T,$$

где $\frac{v_0 p_0}{273} = R$ и носит название газовой постоянной; величина R является постоянной для каждого отдельного газа.

Уравнение

$$v P = R T \quad (8)$$

носит название характеристического или зависимости Клапейрона. Параметр v , входящий в уравнение $v P = R T$, есть удельный объем; поэтому выведенное уравнение является уравнением состояния для 1 кг газа. Чтобы получить уравнение для G кг

газа, имеющего объем V м³, нужно в уравнении вместо v подставить его значение $v = \frac{V}{G}$; тогда

$$P \frac{V}{G} = RT,$$

и характеристическое уравнение для G кг газа будет:

$$PV = GRT, \quad (9)$$

где давление — в кг/м², а объем — в м³.

При подстановке в уравнение давления, измеренного в атмосферах, необходимо ввести множитель 10^4 . Тогда уравнение примет вид:

$$10^4 PV = GRT, \quad (10)$$

где P — в атм.

Определение постоянной R по удельному весу:

$$R = \frac{Pv}{T}$$

но

$$v = \frac{1}{\gamma},$$

тогда

$$R = \frac{P}{T\gamma}.$$

Полученная формула справедлива для любого состояния газа. Для частных условий, например $P = 10^3$ 33 кг/м² и $t = 0^\circ$ ($T = 273^\circ \text{C}$), получим:

$$R = \frac{10333}{273 \cdot \gamma_0} = \frac{37,8}{\gamma_0},$$

откуда можем определить газовую постоянную по удельному весу газа, взятому при 0° и нормальном давлении для 1 кг газа:

$$\text{для воздуха } R = \frac{10333}{273 \cdot 1,293} = 29,27;$$

$$\text{для водорода } R = \frac{10333}{273 \cdot 0,09} = 420,6.$$

Величину R для любого газа можно также определить, зная молекулярный вес газа, из соотношения $R = \frac{848}{m}$, где m — молекулярный вес.

Подъемная сила водорода в аэростате равняется весу вытесненного им воздуха минус вес водорода и зависит от давления и температуры.

Для технических условий, а именно при 1 атм (736 мм рт. ст. и 15°C), $R_{\text{возд}} = 29,27$; $R_{\text{водор}} = 420,6$ и одинаковых объемах воздуха и водорода, имеем два характеристических уравнения:

$$10^4 p_1 V = G_1 R T_1 \text{ для воздуха;}$$

$$10^4 p_2 V = G_2 R T_2 \text{ для водорода;}$$

откуда

$$G_1 = \frac{10^4 p_1 V}{RT_1} \text{ и } G_2 = \frac{10^4 p_2 V}{RT_2}.$$

Тогда подъемная сила V объема водорода будет:

$$F = G_1 - G_2 = \frac{10^4 p_1 V}{RT_1} - \frac{10^4 p_2 V}{RT_2} = \\ = 10^4 V \left[\frac{p_1}{29,27 (273 + t_1)} - \frac{p_2}{420,6 (273 + t_2)} \right];$$

при $p_1 = p_2$ и $t_1 = t_2$:

$$F = \frac{10^4 p V}{T} \left[\frac{1}{29,27} - \frac{1}{420,6} \right].$$

Заменяя p через b —давление в мм рт. ст., получим:

$$F = \frac{10^4 b V}{T \cdot 736} \left[\frac{1}{29,27} - \frac{1}{420,6} \right] = 0,432 \frac{b}{T} V \text{ кг.}$$

Полагая $V = 1 \text{ м}^3$, получим удельную подъемную силу f в зависимости от температуры и давления:

$$f = 0,432 \frac{b}{T}. \quad (11)$$

Г л а в а II

АЭРОСТАТНЫЕ ГАЗЫ

4. Общие положения

Основное требование при выборе газа заключается в том, чтобы величина подъемной силы единицы объема газа была возможно большей. Такое требование равносильно сведению до минимума веса газа, взятого для наполнения оболочки.

Если вес вытесненного воздуха A будет больше, чем вес аппарата в пустоте C , то вес этого аппарата в воздухе станет отрицательным, и тело (аппарат) будет стремиться подняться под действием силы Φ , которой дано название подъемной силы. Значит, подъемная сила уравновешенного аэростата равна сумме собственного веса с оборудованием и временными нагрузками G (оболочка, гондола, команда, приборы, балласт и т. д.), которые могут быть подняты.

Изучение подъемной силы аэростата по существу сводится к изучению удельной подъемной силы¹, т. е. подъемной силы

¹ Подъемная сила газа — это разность удельного веса воздуха и удельного веса газа, взятых при одинаковых температуре, давлении и в равных объемах. Отсюда и получается архимедово давление на единицу объема газа, например 1 м^3 , а удельный вес газа — отношение $\frac{b}{a} = d$, где d — плотность газа, a — плотность воздуха.

единицы объема газа, так как величина полной подъемной силы аэростата получается из весьма простой формулы:

$$\Phi = V\phi, \quad (12)$$

где Φ — полная подъемная сила аэростата;

V — объем газоместилца (аэростата);

ϕ — подъемная сила 1 м³ газа при учете метеорологических условий и чистоты газа.

Подъемную силу единицы объема газа определяют из формулы:

$$\phi = \gamma_v (1 - d). \quad (13)$$

Пример. Вычислим удельную подъемную силу водорода для стандартных условий. Зная весовую плотность воздуха $\gamma_v = 1,2255$ кг/м³ и плотность газа $\gamma_r = 0,15$ кг/м³, получим:

$$d = \frac{\gamma_r}{\gamma_v} = 0,13,$$

где d — удельный вес газа по воздуху при одних и тех же p и t .

Удельная подъемная сила $\phi = 1,2255 (1 - d) = 1,07$ кг/м³.

Свободной подъемной силой, называемой обычно сплавной силой аэростата, является разность между подъемной силой аэростата и полной его нагрузкой, включая вес оболочки, всего снаряжения, экипажа и т. д.

Пример. Оболочка объемом 900 м³. Удельная подъемная сила $\phi = 1,1$ кг/м³. Полная подъемная сила аэростата $\Phi = V\phi = 990$ кг. Вес оболочки с гондолой, экипажем и т. д. — 798 кг. Балласта взято 160 кг. Сплавная сила $\Phi_1 = \Phi - (798 + 160) = 990 - 958 = 32$ кг.

Сплавная сила получится из формулы:

$$\Phi_1 = A - B - G,$$

где Φ_1 — сплавная сила (свободная подъемная сила);

A — вес вытесненного воздуха;

B — вес газа в аэростате;

G — вес конструкции и всех нагрузок.

Для наполнения аэростатов применяются водород, гелий и для сферических — иногда светильный газ.

5. Водород

Самый распространенный аэростатный газ — водород.

До 1918 г. он был единственным газом, служившим для наполнения воздушных кораблей и аэростатов.

Преимущество водорода в том, что он является самым легким газом, и, следовательно, удельная подъемная сила его наибольшая, к тому же он достаточно дешев.

В химически чистом состоянии он имеет весовую плотность 0,09 кг/м³, удельный вес по воздуху 0,0696 и удельную подъемную силу 1,2 кг.

Однако технический водород обыкновенно далек от химической чистоты; различные примеси увеличивают удельный вес водорода до 0,12—0,13 и соответственно уменьшают удельную подъемную силу газа до 1,1—1,07 кг/м³ при стандартных условиях.

Практически водород имеет весовую плотность γ_2 , в 10 раз меньшую плотности воздуха при стандартных условиях.

Отрицательное свойство водорода — его способность воспламеняться, а при смеси его с воздухом в пределах от 9,5 до 66,3% может взрываться (гремучая смесь)¹.

Поэтому существует эксплуатационный предел чистоты водорода в оболочках порядка 83%, когда газ должен быть выпущен и заменен новым или быть освеженным.

Способов добывания водорода весьма много. Добывают его заводскими установками, где водород часто является побочным продуктом и, следовательно, наиболее дешев, а также и полевыми подвижными установками (газовые заводы на автомашинах), употребляемыми в войсках.

6. Гелий

Следующим газом, который необходимо рассмотреть, является гелий.

Качества гелия давно известны, и мысль о применении его для наполнения аэростатов возникла тоже давно. Однако в количествах, достаточных для практического применения, этот газ получен лишь в 1917—1918 гг. и то под влиянием острой военной необходимости.

Необходимость гелия обуславливалась тем, что он, в отличие от водорода, совершенно не воспламеняется.

Гелий несколько тяжелее водорода: весовая плотность химически чистого гелия равна 0,168 кг/м³, его удельный вес равен 0,137, а удельная подъемная сила технического гелия равна 1 кг/м³ при весовой плотности около 0,25 кг/м³.

Таким образом, подъемная сила 1 м³ гелия приблизительно на 100 г меньше подъемной силы 1 м³ водорода, взятых при стандартных условиях и одинаковой чистоте (рис. 5).

До 1917 г. гелий фигурировал как один из редких газов и добывался в ничтожных количествах из некоторых минералов для лабораторных исследований, причем стоимость его была чрезвычайно высокой², выражавшейся в десятках тысяч рублей за 1 м³, и наполнение даже малого корабля этим газом стоило бы миллионы рублей.

Операция отделения гелия при современном состоянии техники происходит легко, так как все другие газы поддаются сжи-

¹ Ряд катастроф как привязных аэростатов, так и дирижаблей был вызван этой причиной; поэтому нужно соблюдать особую осторожность в отношении огня и чистоты газа.

² Проф. Уорнер, Аэростатика, Машметиздат, Ленинград, 1934 г., стр. 35.

жению легче гелия, температура сжижения которого равна -271°C , т. е. только на 2°C выше абсолютного нуля.

В конце операции сжижения смеси газов остается один гелий. Хранение гелия осуществляется так же, как и водорода, в специальных стальных баллонах.

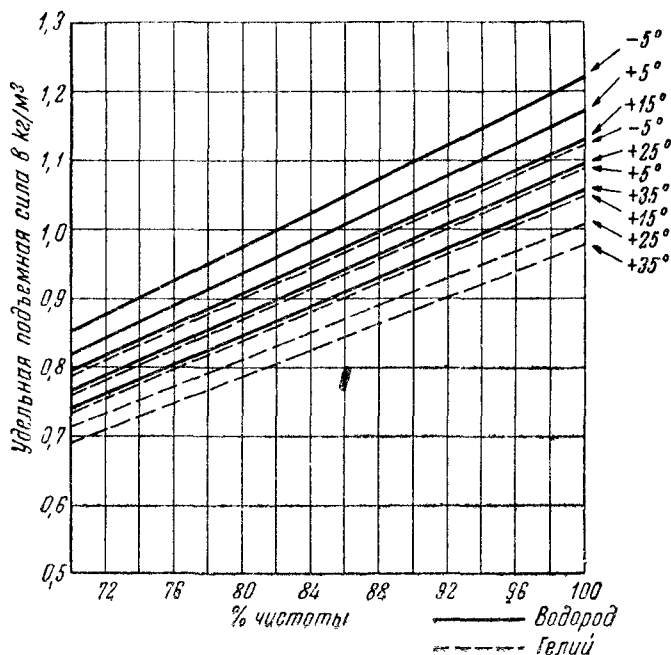


Рис. 5. Влияние чистоты газа и температуры на удельную подъемную силу.

Наибольшее количество гелия, разрабатываемого промышленным путем, имеется в США.

7. Светильный газ

Этот газ в большинстве случаев служит только для наполнения сферических аэростатов, в последнее же время применяется редко.

Правда, на ежегодных международных воздухоплавательных состязаниях на кубок Гордон-Бенетта сферические аэростаты участников соревнований, как правило, наполняются светильным газом.

Светильный газ в быту применяется для освещения. Он не имеет определенного химического состава и представляет собой смесь из водорода и метана (CH_4) с небольшими примесями некоторых других газов (главным образом азота, окиси углерода и углекислого газа).

Количество водорода в светильном газе — от 40 до 56%, метана — от 29 до 35%.

Для воздухоплавательных целей наилучший светильный газ тот, который содержит больше водорода и меньше метана, так как метан в 8 раз тяжелее водорода.

Удельный вес светильного газа колеблется от 0,35 до 0,53. В среднем весовая плотность светильного газа при стандартных условиях — около 0,55 кг/м³. Удельная подъемная сила — от 0,6 до 0,7 кг/м³, что составляет от 55 до 64% от подъемной силы водорода.

Так же как и водород, светильный газ воспламеняем, что является его крупным недостатком.

8. Нагретый воздух

Единственным общеупотребительным газом для наполнения аэростатов в прошлом, до того как был открыт водород в 1766 г., являлся нагретый воздух.

Но весьма крупный недостаток нагретого воздуха — быстрое охлаждение и, следовательно, потеря подъемной силы. При снижении температуры нагретого воздуха с 370° С только до 260° С потеря подъемной силы составит 31%. Кроме того, чтобы получить от нагретого воздуха подъемную силу, равную подъемной силе светильного газа, необходимо нагреть воздух до температуры 370° С. 1 м³ воздуха, нагретый до 1 000° С, имеет подъемную силу, равную 1,2 кг.

Приводим сведения о нагретом воздухе как подъемном газе только для общего представления, так как он сейчас в воздухоплавании не применяется, за исключением разве только детских воздушных шаров — монгольфьеров.

Сведения о газах, применяемых в воздухоплавании, для удобства сведем в табл. 1.

Таблица 1

Газ	Удельный объем, т. е. объем 1 кг газа при 0° и 760 мм в м ³ /кг	Удельный вес газа по воздуху	Нормаль- ная плот- ность газа, т. е. вес 1 м ³ при 0° и 760 мм в кг/м ³	Удельная (1 м ³) подь- емная сила газа	Подъемная сила в % от подъем- ной силы водорода
Воздух	0,773	1,000	1,2928	—	—
„ при 60°	0,943	0,820	1,060	0,233	19,4
„ „ 100°	1,058	0,731	0,945	0,348	29,0
Вакуум	—	—	—	1,2928	107,5
Метан (CH ₄)	1,400	0,554	0,716	0,577	48,0
Водяной пар	1,244	0,623	0,805	0,399	33,2
Водород (H ₂)	11,111	0,0696	0,090	1,2028	100,0
Гелий (He)	5,600	0,1363	0,1785	1,1143	92,6

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ И ЕГО ВОЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

9. Сферические аэростаты

Наблюдения за облаками и за подъемом дыма, несомненно, очень давно наталкивали на мысль о возможности подняться в воздух. Попытки подъема в воздух, повидимому, относятся ко времени за несколько столетий назад. Например, если верить записям китайского архива, приводимым в исторических исследованиях по воздухоплаванию, там поднимался воздушный шар еще в 1306 г. В течение нескольких столетий мысль многих людей была направлена на отыскание способов подниматься и совершать полеты в воздухе.

Было чрезвычайно много фантастических проектов, которые уже выражали аэростатическую идею, и проектов, выражающих идею полета, осуществленную сейчас авиацией, которую при тогдашнем состоянии техники осуществить было нельзя.

Гениальный ученый и художник эпохи возрождения Леонардо да Винчи (1452—1519 гг.) писал о полетах в своих трудах, которые, конечно, были только теоретическими рассуждениями, далекими от практического осуществления. Гениальный русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов, которому принадлежит ряд трудов по вопросам изучения атмосферы, изобрел и построил модель — «машинку», которая с метеорологическими приборами должна была подниматься в верхние слои атмосферы и позволяла бы исследовать состав воздуха.

Состояние техники и здесь являлось препятствием к осуществлению идеи.

Конечно, церковь на Западе и в России, считая подъемы в воздух делом противоестественным, «противобожеским», способствовала тому, что большинство исторических документов до нас не дошло, а люди, которые думали о полетах и даже практически их осуществляли, подвергались жесточайшим преследованиям, о чем показывает нижеприводимая, не вызывающая сомнения в факте, выдержка из летописи XVIII в.: «1731 года в Рязани при воеводе подьячий Нехретец Крякутной Фурвин сделал мяч большой, надул дымом поганым и вонючим, от него сделал петлю, сел в нее, и нечистая сила подняла его выше березы и после ударила его о колокольню, но он остался-таки жив. Его хотели закопать живого в землю или сжечь, но выгнали из города, и он ушел в Москву»¹.

Нашему русскому воздухоплавателю еще за 52 года до официального начала воздухоплавания грозила опасность быть зарытым живым в землю или сожженным.

¹ Орфографию выдержки заменили современной.

В 1783 г. братья Монгольфье построили из бумаги воздушный шар объемом 600 м^3 и наполнили его дымом. Этот шар 5 июня 1783 г. поднялся на высоту почти 2 000 м.

В этом же году ученый Шарль совместно с братьями Робер организовал пропитывание шелка каучуком, чтобы сделать его непроницаемым для газа, и из этого шелка сделал оболочку аэростата в 35 м^3 ; 27 августа первый сферический аэростат, наполненный водородом, поднялся в воздух и в 2 минуты достиг высоты около 950 м.

19 сентября братья Монгольфье в Париже повторили опыт подъема шара уже с тремя «пассажирами» — петухом, уткой и бараном. Шар продержался в воздухе около 10 минут и благополучно опустился в 4 км от места старта, при этом «пассажиры» были целы и невредимы.

1783 год считается официальным годом начала воздухоплавания.

В этом же году, в ноябре, был произведен первый опыт полета монгольфьера с Пилатром де-Розье и маркизом д'Арланд, чуть не окончившийся аварией, так как начала тлеть галлерей, на которой они находились и на которой был разложен огонь для подогрева воздуха и создания дыма, необходимого для подъема.

На рис. 6 изображен монгольфьер, на котором был совершен первый воздушный полет в течение 25 минут, дальностью в 8 км.

Монгольфьеры обычно делались из бумаги, а позже из лакированного шелка; к шару внизу прикреплялась корзина с приспособлением в виде жаровни для сжигания прессованной соломы или шерсти. Брался резервуар с водой на случай пожара. Монгольфьеры были скоро почти заброшены, так как по существу являлись опасной игрушкой, и первый пилот монгольфьера — Пилатр де-Розье стал первой его жертвой.

15 июня 1785 г. при попытке перелететь из Франции в Англию через Ла-Манш Пилатр де-Розье погиб: его шар или разорвался или воспламенился. Правда, он пользовался уже комбинацией шаров с подогретым воздухом и водородом, но причина катастрофы была, повидимому, в жаровне монгольфьера.

Удачные опыты в Париже в 1783 г. произвели громадное впечатление во всей Европе, и началось необыкновенное увлечение воздухоплаванием.

Опытами по воздухоплаванию начали заниматься в Германии, Англии и других странах.

7 января 1785 г. Бланшар в сопровождении доктора Джеффрейса за 2 часа перелетел из Англии через пролив Ла-Манш и благополучно достиг берега Франции.

✓ С 1802 г. свободные аэростаты, ввиду того что они стали подниматься на значительную высоту, начали применять для научных целей.

Первый полет специально с научной целью был совершен 24 июня 1802 г. двумя учеными — Гумбольтом и Бомпланом, которые, поднявшись на высоту 5 875 м, впервые произвели систематические наблюдения над изменением температуры с высотой.

В 1803 г. физиком Робертсоном в Гамбурге были произведены

следующие два полета на высоту более 7 000 м, во время которых, кроме измерения давления и температуры, производилось исследование состояния атмосферного электричества.

В России первый полет, организованный Академией наук с научной целью, был совершен 30 июня 1804 г. тем же Робертсоном



Рис. 6. Монгольфьер.

вместе с академиком Захаровым для проверки результатов полетов Робертсона, проведенных им ранее.

Достигнув высоты 3 000 м и произведя ряд наблюдений, аэронавты благополучно приземлились в 60 км от Петербурга.

Так как полностью программу в этом полете выполнить не удалось, остались спорные вопросы, для разрешения которых французская Академия наук решила организовать полет, причем поручила совершить его двум академикам — известному ученому Гей-Люссаку и Био.

20 августа 1804 г. эти ученые совершили в Париже полет, которым доказали ошибочность мнения Робертсона об убывании земного магнетизма с высотой и, кроме этого, произвели ряд ценных наблюдений за влажностью, температурой и давлением. Через месяц после этого полета Гей-Люссак один поднялся на воздушном шаре на высоту 7 000 м, где проделал такие же наблюдения, как и в первом полете; кроме того, он взял пробы воздуха на высоте около 6 500 м и, по проведении химического анализа взятых проб, доказал тождественность состава воздуха на этой высоте и на уровне земли.

Дальнейшие годы для воздухоплавания во Франции, вследствие отрицательного отношения к нему со стороны Наполеона, были неблагоприятны, несмотря на ценность научного материала, и вплоть до 1850 г. там не происходило сколько-нибудь интересных полетов.

Да и во всей Европе за годы с 1805 по 1822 включительно состоялось всего лишь 40 полетов. Центр научного воздухоплавания переместился в Англию.

К этому же времени относится энергичное выступление в пользу воздухоплавания для науки в России двух русских ученых — В. Н. Каразина (1773—1842) и позже члена-корреспондента Академии наук профессора А. Ф. Попова (1815—1879).

В России в эти годы, правда, увеличилось число полетов на аэростатах, но для этого была особая, весьма своеобразная причина.

Один из русских исторических обозревателей П. Столпянский в работе «Старый Петербург» сообщает: «Наступил 1848 год. Гроза Февральской революции разразилась над Западом; настроение было слишком повышено. Опасались волнений и у нас, а тут подошла снова холерная эпидемия. Желательно было дать пищу умам в другом направлении — и 1848 год знаменуется у нас в Петербурге усиленным покровительством всевозможным увеселительным развлечениям. Неизбежно принадлежностью всех этих увеселений считается воздухоплавание».

В 1850 г. французская Академия наук организовала еще два полета — химиков Барраль и Биксио. Полеты были организованы с целью проверки состояния верхних слоев атмосферы во время бури на земле. Условия полета, особенно подъема, были весьма опасны, но все же полеты были проведены до высоты 6 000—7 000 м. Во втором полете (27 июля 1850 г.) аэронавты наблюдали, что, начиная с высоты 6 400 м, температура начала быстро падать и достигла -39°C . За $1\frac{1}{2}$ часа аэростат прошел в горизонтальном направлении 69 км.

СВ Англии выдающийся воздухоплаватель Чарльз Грин много сделал для науки и воздухоплавания. Грин в 1823 г. впервые наполнил аэростат светильным газом, который впоследствии получил широкое применение. Ему же принадлежит весьма существенное усовершенствование в сферическом аэростате: он предложил и ввел в практику применение гайдропа. За свою жизнь Грин совершил на свободном аэростате 526 полетов, из которых было много научных. Три раза Грин благополучно перелетал через

Ла-Манш, дважды попадал с шаром в море, совершил полет продолжительностью в 19 часов, пролетев 700 км.

Другой англичанин, ученый, директор Метеорологического бюро в Гринвиче Джеймс Глешер, в течение 1861—1863 гг. совершил совместно с английским аэронавтом Коксвелем около 30 полетов. Глешер сделал при своих полетах очень много интересных и важных наблюдений над изменением температуры с высотой, состоянием влажности и другими элементами погоды, которые привлекали внимание всего научного мира. Наблюдения Глешера нужны были не только для метеорологии, но настоятельно требовались и для развивающейся техники средств сообщения, паровых машин, а также для военных морских ведомств.

Глешер с каждым полетом увеличивал высоту, стараясь приучить организм к пониженному давлению и недостатку кислорода. Подвергаясь несомненному риску, Глешер 5 сентября 1862 г. поднялся на высоту более 8 000 м, при этом он вместе со спутником Коксвелем впал в бессознательное состояние. Лишь с последним проблеском сознания Коксвель ухватился зубами за клапанную веревку, так как руки ему не повиновались, и тем заставил аэростат пойти на снижение, что и спасло их от гибели.

В дальнейшем много ценных полетов было проведено во Франции Фламарионом и Тиссандье. Последний впервые наблюдал аэронавтический ореол, т. е. оптическое явление отражения аэростата на облаках, окруженного радужными красками (рис. 7).

Затем были полеты Тиссандье вместе с Сивелем и Кроче-Спинелли на аэростате объемом 3 000 м³, достигшем 15 апреля 1872 г. высоты 8 600 м, на которой все трое потеряли сознание, причем после посадки из них остался жив только Тиссандье, а остальные погибли.

Удачное применение аэростатов в военной обстановке дало толчок дальнейшему развитию воздухоплавания.

Идея применения аэростата для военных целей явилась вслед за первыми полетами. Первый военный аэростат объемом 400 м³ в войне 1794 г. был применен при битве под Мобежем на стороне революционных войск Франции и оказал им очень ценные услуги, сообщая о передвижениях австрийских и голландских войск.

С высоты около 400 м наблюдатель дал подробное описание неприятельских укреплений, ни одно движение войск противника не могло ускользнуть от наблюдателя, вооруженного зрительной трубой.

Впечатление, произведенное на неприятельскую армию, было огромно, тем более что стрельба из пушек по аэростату не дала результатов.

Французам необходимо было спешно взять город Шарлеруа, так как имелаась угроза прибытия подкреплений к неприятелю. Аэростат из Мобежа был затребован в Шарлеруа (56 км) и в наполненном состоянии (добыча газа тогда была сопряжена с колоссальными трудностями) был доставлен туда на руках через 17 часов, причем аэростат был переправлен через блокированные линии Мобежа в темную ночь.

Представление о защите города Шарлеруа было преувеличено. Три подъема аэростата, давших в общей сумме 8 часов наблюдения, показали плохое состояние защиты города и создали воз-

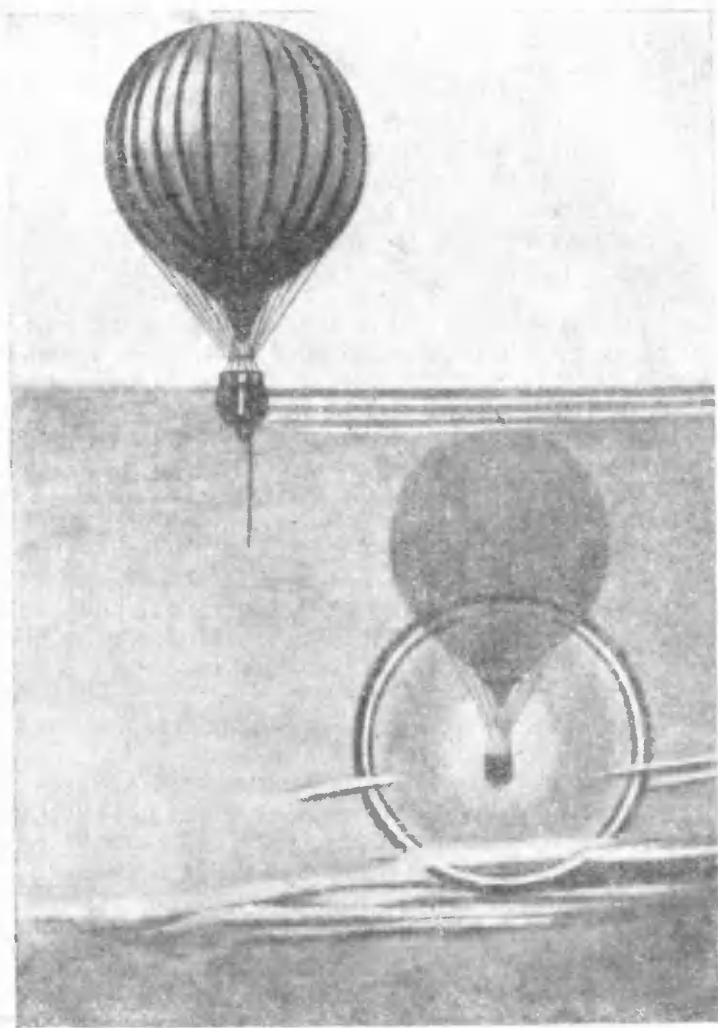


Рис. 7. Аэронавтический ореол.

можность французскому командованию действовать решительно, — город Шарлеруа 25 июля был взят.

26 июня 1794 г. в битве при Флерю французы одержали решительную победу над австрийцами, где наблюдения с аэростата чрезвычайно помогли командованию республиканской армии (рис. 8).

Комитет общественного спасения, получив донесения о той полезной службе, которую несут аэростаты на театре военных действий, — а они и в дальнейшем французами применялись в течение всей войны, — постановил организовать второй воздухоплавательный парк и учредить воздухоплавательную школу в Медоне.

Сферические аэростаты стали применяться не только для свободных полетов, но и для целей наблюдения в привязном состоянии — сначала на веревке, а позднее на металлическом тросе, намотанном на барабан лебедки, с помощью которой производилась сдача аэростата в воздух и его выборание (рис. 9).

До 1896 г. для целей наблюдения применялись только сферические аэростаты.

С 1794 г., со времени первого применения аэростата для военных целей, история знает в дальнейшем достаточно много случаев применения сферических аэростатов как в привязном состоянии, так и в свободном полете, например применение сферического аэростата для наблюдения в привязном состоянии во время обороны Антверпена от войск Наполеона в 1814 г.

В 1861 г., во время северо-американской войны, генерал Мак-Клевлан воспользовался привязными сферическими аэростатами при осаде города Ричмонда, и, по отзывам того времени, наблюдение велось весьма успешно.

В 1862 г. американцы снова пользовались услугами аэронавта Ламутена, который однажды совершил свободный полет над городом Вашингтоном и, произведя очень ценные наблюдения, спустился в своем лагере. Американцы и позднее — в войне с Испанией (1898—1899 гг.) — применяли аэростаты в боях

Рис. 9. Сферический аэростат для наблюдения.

у Сант-Яго и Эль-Пазо. В 1870 г., когда Париж был охвачен железным кольцом германских войск, пытавшихся захватить столицу Франции, аэростат сыграл громадную роль.

Отрезанный от всего внешнего мира, от остальной Франции, Париж использовал аэростат как средство сообщения, которому не могли воспрепятствовать германские войска. Это скорее было транспортное применение, а не чисто военное, но оно сыграло большую роль.

Организовал это дело директор почт Рампон. Первый почтовый аэростат с воздухоплавателем Дюрюофом поднялся

в Париже 23 сентября 1870 г. и через 3 часа опустился в 104 км от Парижа¹.

Всего в течение 4 месяцев осады было отправлено 64 аэростата (из них много ночью). Пять аэростатов попали в плен к немцам и два пропали бесследно, унесенные в море. На этих аэростатах перелетело более 150 человек и было перевезено до 10 000 кг писем. На одном из аэростатов линию фронта перелетел Гамбетта, бывший тогда министром внутренних дел Франции, который воспользовался воздушным сообщением, чтобы организовать в провинции национальную оборону.

Обратное сообщение провинции с Парижем было установлено при помощи почтовых голубей. Корзина с голубями отправлялась на аэростате, и, снабженные депешами, голуби возвращались в Париж.

Однако из 369 отправленных в Париж голубей вернулось лишь 57, доставивших осажденным все же около 100 000 депеш, так как депеши изготовлялись фотомикроскопическим путем и один голубь мог нести до 3 000 депеш. Остальные голуби вследствие туманов заблудились и в Париж не вернулись.

Другой случай применения сферических аэростатов в свободном полете для военных целей, правда, не вполне удавшийся, был в 1849 г., во время осады австрийцами Венеции. Австрийцы пустили по ветру 200 небольших аэростатов, снабженных бомбами весом от 9 до 12 кг с зажженными фитилями, но так как нижнее течение воздуха было в сторону Венеции, а верхнее — наоборот, то аэростаты, поднявшись на высоту, пошли в обратном направлении и чуть не упали в свое расположение.

Можно привести случаи применения свободных аэростатов значительно позднее — в войну 1914—1918 гг. И здесь воздушные течения, ввиду плохой метеорологической службы, зло подшутили над воздухоплавателями.

Австрийцы накануне сдачи крепости Перемышль выпустили три аэростата, которые должны были спасти знамена и документы, но ветер занес их в Брест-Литовск, где воздухоплаватели вместе с материальной частью и грузом попали в плен к русским.

Не лучше дело обстояло и с нашими аэронавтами, которые должны были вывести ценности из Новогеоргиевска накануне его падения. Ветер занес их в Германию; только один приземлился на своей территории. При благоприятном направлении ветра, под покровом темной ночи англичане переправляли над передовыми линиями в тыл противника на сферическом аэростате своих агентов (шпионов). Немцами был захвачен лишь один аэростат с такими «пассажирами». Нормально же шпионы, высадившись на землю, отпускали аэростат в воздух.

Со времени осады Парижа развитие военного воздухоплавания в большинстве европейских стран пошло значительно быстрее.

¹ Рассказывают, что при полете первого аэростата, прорвавшего блокаду и пролетевшего над Версалем, занятым немцами, Бисмарк в бессильной злобе воскликнул: «Это не лояльно!», и тут же отдал приказ расстреливать пойманных воздухоплавателей как шпионов.

а во Франции была создана сильная военная воздухоплавательная организация.

Кроме парка и школы в Медоне, был основан ряд военных воздухоплавательных парков в крепостях, а затем решено было применить аэростаты и во флоте.

Опыты применения привязных аэростатов во время морских маневров дали прекрасные результаты, так как естественно, что с поднятием на высоту, кроме расширения горизонта, появилась

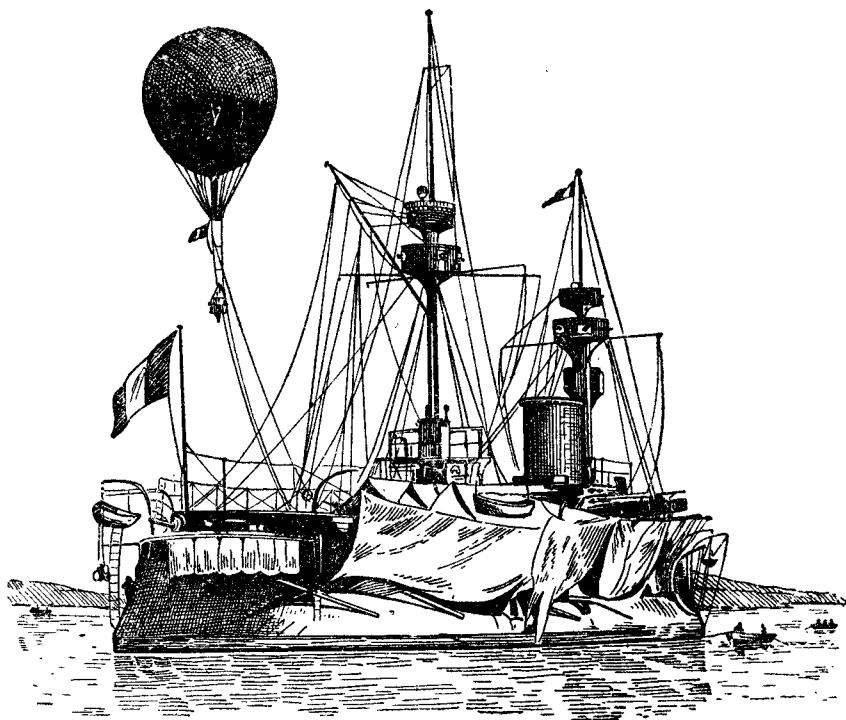


Рис. 10. Привязной аэростат на броненосце.

возможность лучше просматривать глубину для обнаружения подводных лодок и мин и производить гидрографические исследования (рис. 10).

Италия в первой войне с Абиссинией в 1887—1888 гг. тоже применяла привязные сферические аэростаты.

Англия пользовалась привязными сферическими аэростатами почти во всех колониальных войнах, которые она вела с 1885 г.

В особенности важные услуги оказало воздухоплавание англичанам во время англо-бурской войны (трансваальской). На театре этой войны находилось три воздухоплавательных отряда. Первый действовал в армии лорда Метуэна и помог англичанам открыть военную хитрость генерала Кронье, устроившего рядом с настоя-

щим, замаскированным лагерем фальшивый, который англичане до этого безрезультатно обстреливали.

Второй отряд, находившийся в Ледисмите, оказал серьезные услуги англичанам во время осады этого города бурами. В течение 29 дней привязные сферические аэростаты англичан поднимались ежедневно над осажденным городом, позволяя им следить за расположением позиций и передвижениями буров. В этом случае работа сферических аэростатов наблюдения была незамечена, так как позиции буров находились на холмах, окружающих котловину, в которой расположен Ледисмит, и могли быть видимы только с высоты, на которую поднимались аэростаты.

В третьем отряде один аэростат работал в течение 13 дней и тоже помог англичанам в борьбе с бурами.

Чтобы обеспечить маневренность аэростата, англичане особенно стремились к облегчению его материальной части. За счет более дорогой, но легкой бодрюшированной материи¹ англичане имели возможность довести объем аэростата до 240—260 м³.

До 1890 г. воздухоплавательные организации появились в Испании, Швеции, Норвегии и других европейских странах, а также в Китае и к 1891 г. в Японии, которая пользовалась своими аэростатами в войне с Китаем, во время войны с Россией — при боях под Порт-Артуром² и при операциях владивостокской бригады крейсеров.

Позднее японцы, поднимая с палубы корабля аэростат, следили за передвижениями эскадры адмирала Рожественского перед Цусимским боем.

В России вопрос о введении военного воздухоплавания был поднят еще в 60-х годах прошлого столетия.

Генерал Тотлебен организовал комиссию для разработки этого вопроса. Комиссия заседала 10 лет и прекратила свою деятельность незадолго до русско-турецкой войны, т. е. как раз тогда, когда воздухоплавание могло бы принести России пользу.

Опыты проводились и в течение 1870—1871 гг., но довольно неудачно, и дело было заброшено.

Лишь через 20 лет, в 1890 г., в России был учрежден учебный воздухоплавательный парк под Петербургом, на Волковом поле. Большинство материальной части сначала было приобретено во Франции. Для привязывания корзина имела подвешенную трапецию, к которой и прикреплялся канат (рис. 11).

Начиная с этого года, постепенно было организовано еще восемь воздухоплавательных отделений в крепостях и один полевой батальон.

В военных операциях воздухоплавание пришлось применить лишь во время русско-японской войны. На театре военных действий находился воздухоплавательный отряд под командованием полковника А. М. Кованько. Во время сражения под Ляояном

¹ Бодрюш — пленка, изготавливавшаяся из перепонки слепой кишки барана. Для изготовления оболочки требовалось очень большое количество пленки.

² Под Порт-Артуром японцы в качестве аэростата наблюдения применяли старую оболочку дирижабля под названием «Ямаде», построенную в Японии.

русский сферический аэростат долгое время держался в воздухе при безуспешных попытках японцев его расстрелять.

Газетные сообщения того времени говорили, что подъемы аэростатов для наблюдения во время русско-японской войны

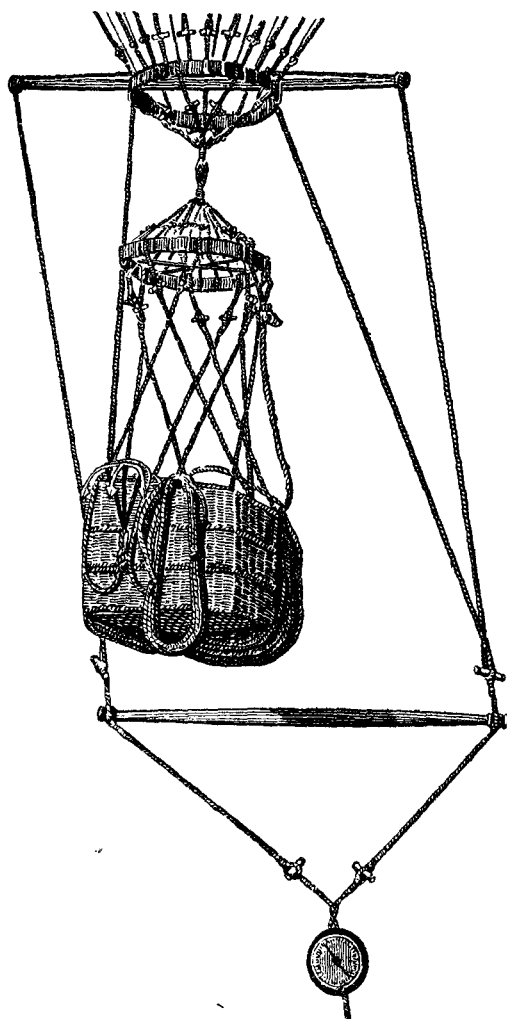


Рис. 11. Прикрепление сферического аэростата к канату.

производились систематически, и высказывания командующих большими войсковыми соединениями в отношении применения аэростатов были весьма благоприятны. Правда, до империалистической войны 1914—1918 гг. аэростаты применялись во всех странах главным образом для целей рекогносцировки (разведки), но не для корректирования стрельбы артиллерии по закрытым позициям противника.

Применение сферического аэростата в привязном состоянии чрезвычайно ограничено режимом ветра. При ветре более 7—8 м/сек аэростат, имеющий форму шара, поднимать невозможно, так как он неустойчив, порывами ветра его наклоняет к земле и, кроме того, происходит вращение аэростата вокруг его оси, что бывает даже при спокойной погоде. Наблюдение с такой неустойчивой «вышки» чрезвычайно затруднительно. К тому же, при ветрах значительной силы создается большое на-

тяжение привязного троса, что увеличивает опасность обрыва аэростата.

С русско-японской войны 1904—1905 гг. применение сферических аэростатов для наблюдения в привязном состоянии прекратилось. С 1896 г. сначала в Германии, а затем и в других странах начали применять привязные аэростаты более удобообъемлемой формы.

10. Змейковые аэростаты наблюдения и их боевая работа

Разрешения вопроса относительной устойчивости удалось добиться немецким воздухоплатателям капитану Парсевалю и Зигсфельду, которые создали привязной так называемый змейковый аэростат. В дальнейшем аэростат «Парсеваль» был усовершенствован и послужил исходным типом для других современных систем.

Германский змейковый аэростат известен был под названием «Drachen», что в буквальном переводе означает «дракон». Внешней особенностью змейкового аэростата является его удлиненная форма.

Из схемы аэростата «Парсеваль» видно, что средняя часть его представляет собой цилиндрическую форму, заканчивающуюся с носа и кормы полусферическими поверхностями (рис. 12).

В своей кормовой части внутри оболочки аэростат имеет баллонет (послевоенные конструкции часто не имеют баллонета, и роль его выполняет растягивающаяся система), надуваемый встречным потоком воздуха через ветроулавливатель в рулевом мешке.

Назначение баллонета — сохранить форму аэростата. Действие его заключается в следующем. Когда водород в оболочке уменьшается в объеме (при спуске или от температурных влияний), баллонет, имеющий запас объема и все время наполняемый встречным потоком воздуха, компенсирует воздухом изменение объема газа и тем самым поддерживает форму аэростата выполненной.

Если же объем газа увеличивается (от разогрева или от подъема на высоту), то диафрагма баллонета под напором газа подается назад и вытесняет из него лишний воздух. Когда расширение газа достигает угрожающего размера, то диафрагма, отодвигаясь еще далее, в крайнее положение, натягивает соединенную с ней клапанную цепь, и клапан открывается, выпуская из оболочки излишки газа. Длина клапанной цепи регулируется точно, так как слишком длинная цепь может привести к разрыву оболочки от сверхдавления, прежде чем клапан сумеет открыться,

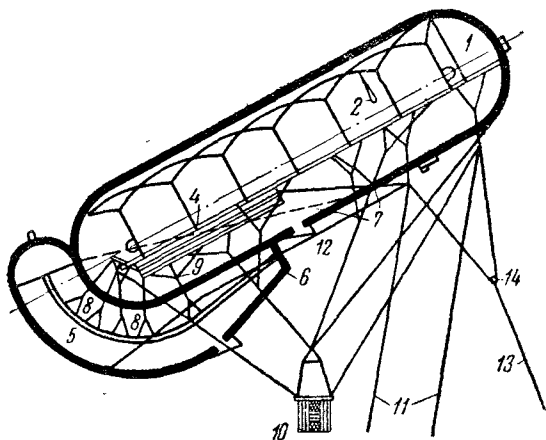


Рис. 12. Схема привязного аэростата «Парсеваль»:

1—нос, 2—разрывное полотнище, 3—рукав для наполнения, 4—парус, 5—рулевой мешок, 6—ветроулавливатель, 7—диафрагма баллонета, 8—отверстия, соединяющие рулевой мешок с баллонетом, 9—баллонет, 10—корзина, 11—поясные веревки, 12—отверстие для баллонета, 13—трос, 14—уздки.

а короткая цепь будет преждевременно открывать клапан и неэкономно расходовать газ. Клапан может приводиться в действие и от руки, по желанию пилота. В случае отрыва змейкового аэростата, его можно пилотировать так же, как и сферический аэростат.

Аэростаты «Парсеваль» по аэродинамическим качествам лучше сферических аэростатов наблюдения, и поэтому они их вытеснили очень скоро.

Неудобство этого аэростата заключалось в том, что он при ветрах был неустойчив и требовалось к корме его прикреплять хвост из малых (диаметр 1,9 м) парашютов (ветроловцев), в количестве иногда до 8—10 штук, которые затрудняли работу,

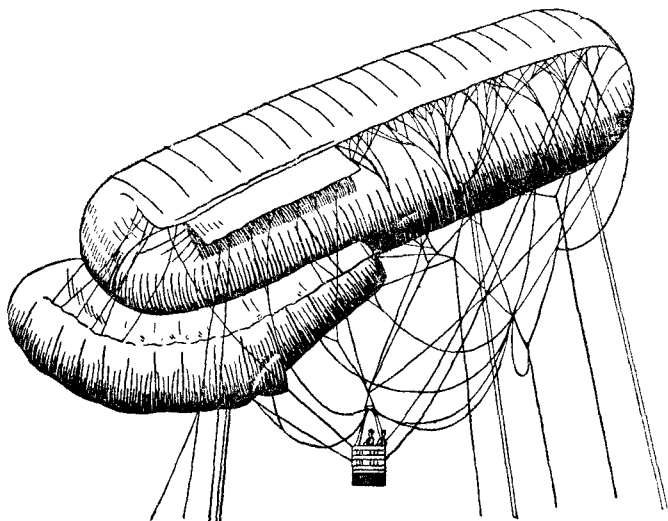


Рис. 13. Подъем аэростата „Парсеваль“ (в тихую погоду).

создавали излишнее натяжение в привязном тросе и снижали высоту подъема, которая даже при слабом ветре не превышала 800 м, так как снос аэростата по ветру при парашютах был тем больше, чем больше их ставилось. К тому же и сам аэростат имел наклон около 45° к потоку ветра.

Этот тип аэростата применялся в Германии как до войны 1914—1918 гг., так и в первый год войны. Над передовыми линиями союзников висел тот же «Парсеваль», что и у немцев (рис. 13).

До войны 1914—1918 гг. змейковый аэростат в европейских государствах, за исключением Германии, не пользовался особой популярностью, так как его считали слишком легкой для поражения артиллерией целью. Но союзники вскоре убедились, что аэростат приносит очень большую пользу.

С 1915 г. в Германии стали применять аэростаты наблюдения типа «Т» (Томсона), по своей конструкции мало отличающиеся от «Парсеваля», но с большей устойчивостью.

Французы не удовлетворялись простым копированием германского «Парсеваля». Германский аэростат обладал плохими аэродинамическими качествами. Кроме того, ветроловцы и рулевой мешок увеличивали и без того высокое лобовое сопротивление аэростата. Это сопротивление создавало большие натяжения в привязном тросе, и вследствие этого аэростаты при попадании в большой ветер постоянно обрывались.

Кроме того, и летные качества аэростата «Парсеваль» были невысоки. Скорость выбирания троса была мала, и это обстоятельство делало аэростат легкой добычей для авиации.

Французами эти недостатки были в значительной мере изжиты. Большая часть усовершенствований принадлежала майору французской воздухоплавательной службы Како. Он создал аэростат удобообтекаемой формы с тремя стабилизаторами на корме, известный под названием типа «М».

Эти стабилизаторы, так же как и рулевой мешок в германском типе аэростата, наполнялись воздухом, но они мало увеличивали лобовое сопротивление аэростата, так как по объему были небольшими. В аэростате Како отсутствовали кормовые ветроловцы. Все это улучшило летные качества аэростата, сделав возможным производство подъема его при ветре до 20 м/сек. Угол наклона оси аэростата уменьшился с 45° приблизительно до 15°, что способствовало уменьшению сопротивления аэростата.

Новый тип аэростата был значительным усовершенствованием. Помимо аэростата, была усовершенствована и лебедка, которую стали монтировать на автомобиле, заменив старую лебедку с конной тягой. Первым аэростатом Како, появившимся на фронте, был аэростат типа «М».

Вскоре же после этого один из таких аэростатов оборвался и опустился в районе германского расположения. Немцы, в свою очередь, в точности скопировали этот аэростат и уже в 1916 г. заменили им все свои «Парсевали».

В 1917 г. майор Како произвел дальнейшие усовершенствования аэростата типа «М», назвав новый, модифицированный аэростат типом «R». Аэростат типа «R» был принят на вооружение также и в США. Аэростат Како нового типа имел возможность подниматься при ветре до 20 м/сек на высоту до 1 100—1 600 м.

В 1917 г. появился аэростат «Како» с двумя корзинами (рис. 14).

Наибольший размах в применении для военных целей аэростаты наблюдения получили во время войны 1914—1918 гг.

В России аэростаты «Како» применялись впервые на румынском фронте. Оболочки их были французского изготовления, а с 1917 г. аэростаты «Како» стали строить на наших заводах и постепенно начали производить замену оболочек аэростатов «Парсеваля».

В 1917 г. появилась итальянская система аэростата наблюдения «Аворио Прассоне» с высотой подъема до 1 500 м, с одним наблюдателем. В IV главе, ниже, будут приведены особенности конструкции всех аэростатов.

В применении аэростатов наблюдения был целый ряд трудностей. Быстрое развитие авиации в последние годы перед войной 1914—1918 гг. оттеснило аэростат на задний план; его дальнейшее развитие остановилось, и он часто рассматривался как пережиток.

Вследствие редкого участия аэростатов в скоротечных маневрах мирного времени, командование и артиллеристы всех стран не смогли оценить по достоинству их значение для армии. Только успешная работа аэростатов наблюдения с начала войны 1914—1918 гг. показала ценность аэростатов и необходимость их при-

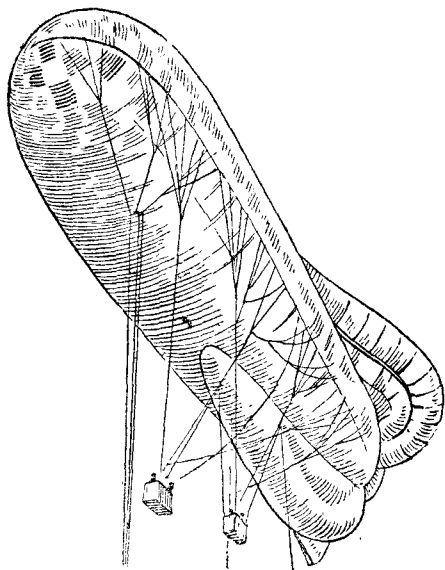


Рис. 14. Подъем аэростата „Како“ с двумя корзинами.

менения как для сухопутной армии, так и для морского флота. Из опыта использования аэростатов видно, что они имеют весьма широкое поле деятельности, чрезвычайно большую разносторонность боевого применения с большим кругом задач, но надлежащее их использование, как всякого технического средства, может быть только в том случае, если войсковое командование, в подчинение которого аэростаты придаются, хорошо знает условия их службы, их свойства.

Остановимся на состоянии и боевой работе аэростатов наблюдения в войну 1914—1918 гг. по отдельным странам.

Германия. Части, вооруженные привязными аэростатами наблюдения, назывались «полевыми воздухоплавательными отрядами». Во время мобилизации пред-

полагалось их вовсе не развешивать, так как от участия аэростатов в маневренной войне не ждали никакого успеха.

На каждую армию было дано только по одному аэростату наблюдения.

Но там, где привязные аэростаты были умело применены, они дали хорошие результаты, поэтому завоевали хорошее к себе отношение со стороны войск и командования.

В результате благоприятных отзывов в докладах штабов армий о работе аэростатов наблюдения и пожеланий об увеличении воздухоплавательных отрядов, все крепостные воздухоплавательные части были переформированы в полевые воздухоплавательные отряды и отправлены на фронт.

К концу 1915 г. Германия имела на фронте 40 воздухоплавательных отрядов по два аэростата в каждом, которые в этот период на западном фронте служили почти исключительно целям артиллерийского наблюдения.

На восточном фронте, ввиду трудностей в снабжении, вызванных недостатком как железных, так и шоссейных дорог, применение аэростатов наблюдения не было таким массовым, как на западном фронте.

Как на западном, так и на восточном фронтах воздухоплавателям было много работы, а кадров было так мало, что наблюдатели просиживали без смены в корзине аэростата по 10 и более часов (рис. 15).

На сербском фронте осенью 1915 г. вся разведка почти полностью легла на шесть германских авиаотрядов и два воздухо-

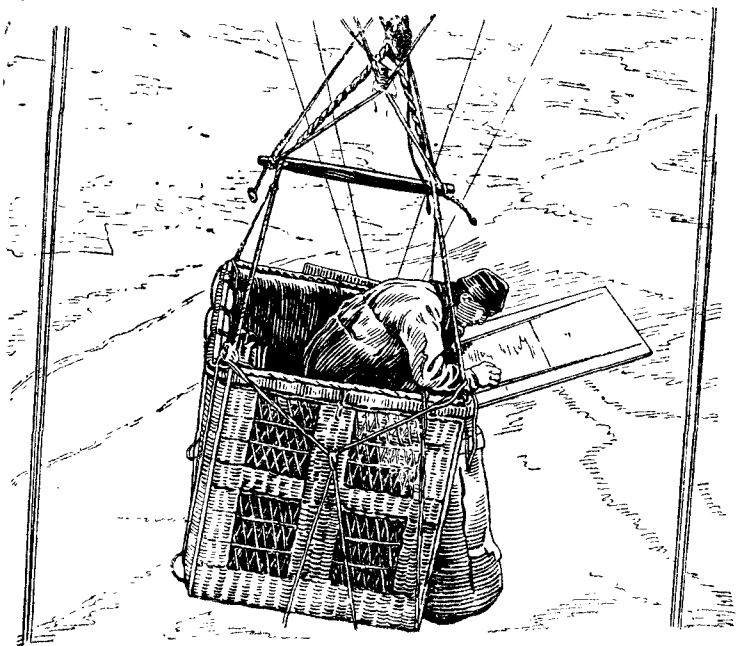


Рис. 15. Наблюдатель в корзине аэростата.

плавательных отряда. Совместно с этими двумя отрядами действовали четыре австрийские воздухоплавательные роты.

Под Верденом в наступлении принимали участие 12 аэростатов. Деятельность привязных аэростатов по артиллерийской разведке и корректированию огня сопровождалась полным успехом. Ценные услуги были оказаны аэростатами и в тактической разведке.

Во второй половине 1916 г. применение зажигательных пуль при обстреле аэростатов с самолетов чрезвычайно затруднило работу воздухоплавательных отрядов, которые несли большие потери и в материальной части и в наблюдателях, тем более что защита аэростатов со стороны зенитной артиллерии и истребительной авиации была недостаточна. Аэростаты стали подниматься на небольшую высоту — 400—500 м, и качество наблюдения от этого страдало. Появление 30 аэростатов со стороны

войск союзников при начале сражения на Сомме (июнь—ноябрь 1916 г.) и хорошее взаимодействие их с артиллерией заставили немцев ввести в бой большое количество аэростатов наблюдения. На Сомме со стороны немцев было сосредоточено 18 воздухоплавательных отрядов с 50 аэростатами. При штабе каждой армии были созданы воздухоплавательные базы, при армейской группе была учреждена должность штаб-офицера по воздухоплаванию. Была организована связь штаба корпуса и армейской группы с каждым аэростатом через штабы отрядов. Аэростаты сосредоточивались в важнейших пунктах сражения. При частых атаках со стороны самолетов противника аэростатам придавались истребители для их защиты. При проводке постоянных телефонных линий принималось во внимание наличие аэростатов, и часть дорог оставалась свободной от проводов, что облегчало маневрирование аэростатов и обеспечивало возможность выдвижения их близко к передовым линиям.

К концу 1916 г. германская армия насчитывала на фронте 53 воздухоплавательных отряда, а за 1917 г. число их возросло до 128¹, при наличии еще 15 отрядов специально для артиллерийских полигонов, где происходила подготовка кадров для совместной работы. К этому времени было создано 7 воздухоплавательных баз, занимавшихся снабжением и ремонтом материальной части.

Под влиянием боев на Сомме и весьма успешного применения аэростатов воздухоплавание наряду с авиацией приобрело на поле боя решающее значение.

Воздухоплавательная станция с одним аэростатом стала тактической единицей, достаточно подвижной в условиях позиционной войны, особенно при введении нового типа аэростата «Како», что расширило возможность применения воздухоплавания до скорости ветра в 20 и даже 25 м/сек. Наряду с этим шло усовершенствование лебедок и другого технического оборудования. В 1917 г. тактическая разведка с аэростатов приобрела такое же значение, как и обслуживание артиллерии, следствием чего явилось объединение воздухоплавательных отрядов в разведывательные и боевые группы.

Наблюдатели чрезвычайно быстро давали ясную картину общего положения. Штабы корпусов и армий извещались о размерах ожидавшихся атак, ввиду чего была возможность своевременно подтянуть резервы.

Новый тактический прием аэростата при обстреле артиллерией возможности уклоняться в сторону, а не оставаться на месте, как было ранее, уменьшил потери аэростатов и весьма хорошо оправдался на опыте. Штабы отрядов и воздухоплавательных станций были также приданы учебным дивизиям, где происходила подготовка и производилась работа совместно с другими родами войск.

¹ После реорганизации зимой 1916/17 г. воздухоплавательные подразделения были названы станциями. Все 128 станций были объединены в 53 штабах воздухоплавательных отрядов при штабах округов.

Союзникам пришлось бросить на борьбу с аэростатами немцев крупные авиационные силы, почему потери в аэростатах были значительны; так, в 1917 г. авиацией союзников было сбито 116, а артиллерией — 20 немецких аэростатов.

При наступлении 14-й армии на итальянском фронте воздухоплавательным частям пришлось работать в новых, более трудных условиях. Армии были приданы, кроме самолетов, шесть воздухоплавательных станций. Применение в маневренной войне такой группы аэростатов под командованием одного командира было новшеством. Новой была и местность, где подъемы бывали часто на высоте 1000 м от уровня моря.

В первый же день аэростаты, в условиях ветра и снежной погоды, работали интенсивно. В короткие промежутки хорошей видимости они давали важные донесения относительно скорости продвижения наступающих частей.

На итальянском фронте немецкие воздухоплавательные части весьма быстро меняли свои позиции вместе с частями артиллерии со скорострельными 37-мм пушками, предназначенными для охраны аэростатов; пушки устанавливались вокруг аэростата с радиусом окружности примерно 4 км. В боях у Пиаве авиация и воздухоплавание вновь проложили немецкому командованию путь к большому успеху благодаря образцовому взаимодействию. Здесь аэростатами было установлено, во-первых, что на другом берегу реки Пиаве не было больше крупных итальянских сил, и во-вторых, общая картина развертывания итальянской артиллерии. Немецкие аэростаты безнаказанно поднимались в 3 км от противника.

Затем, когда на помощь итальянцам пришли англо-французские авиаотряды, аэростаты вынуждены были отойти от передовых линий, но, благодаря хорошим условиям видимости, эффективность разведки от этого почти не страдала. Так как привязные аэростаты наблюдения своей продуктивной работой завоевали авторитет у командования и требования на них все более учащались, количество полевых воздухоплавательных частей (станций) летом 1918 г. было доведено до 200.

Нижеследующая таблица показывает рост воздухоплавательных частей.

Таблица 2

Сформировано	Воздухоплавательных отрядов	Воздухоплавательных взводов	Воздухоплавательных частей для артиллерийских полигонов
До августа 1914 г.	10	—	—
„ декабря 1915 г.	40	—	—
„ 1916 г.	53	—	3
„ января 1918 г.	—	128	12
„ октября 1918 г.	—	184 и 2 турецких взвода	14

Аэростаты стали широко применяться во всех операциях, и оценка немецких специалистов о работе аэростатов в наступлении немцев летом 1918 г. сводилась к выводу, что донесения воздухоплавателей нередко определяли исход сражения.

От взоров наблюдателей-воздухоплавателей не могло укрыться ни одно передвижение противника. Немецкая артиллерия настолько эффективно вела огонь при корректировании с аэростата, что противник не мог собрать резервов, — эти резервы неизбежно рассеивались артиллерийским огнем. Таково было развитие и применение аэростатов наблюдения у немцев, несмотря на то, что уже в 1917 г. нехватало материи для оболочек, сырья для газодобыывания и другой материальной части. Потери в аэростатах были велики, особенно за 1918 г., когда авиацией было сбито 315 немецких аэростатов (в том числе за один только сентябрь — 132).

Следующая табл. 3 характеризует потери немцев в аэростатах по годам.

Таблица 3

Уничтожено аэростатов	1914—1915 гг.	1916 г.	1917 г.	1918 г.	Итого
Летчиками противника . .	3	37	116	315	471
Артиллерией „	10	8	20	37	75
От других причин	17	11	32	49	109
Всего . . .	30	56	168	401	655

За время мировой войны 1914—1918 гг. немцами было изготовлено 1870 оболочек аэростатов. При учете 505 оболочек, приведенных в негодность пробоинами и другими повреждениями, получается, что погибло 1 160 оболочек, т. е. 62%.

Кроме оболочек, немецкая промышленность за время мировой войны 1914—1918 гг. поставила для армии 350 моторных и 50 ручных лебедек и 20 400 водородных труб.

В заключение приводим две диаграммы (рис. 16 и 17), характеризующие эффективность работы немецких привязных аэростатов¹.

Из рис. 16 видно, что за 10 дней работы (из них 5 — с плохой видимостью) шестнадцати аэростатов было раскрыто 1 880 батарей, пристреляно 215 и разрушено 52.

Та же статистика показывает, что с привязного аэростата количество открытых, пристрелянных и разрушенных неприятельских батарей почти всегда было больше, чем при наблюдении с самолетов и артиллерийских наблюдательных пунктов (рис. 17). Здесь необходимо указать, что привязные аэростаты широко

¹ Было известно, что все страны стремились всегда преуменьшить свои потери. Это стремление замечается и в современных войнах.

использовались и в морском флоте. Германский флот выходил в море, имея не менее 20 аэростатов или на специальных кораблях, или на боевых кораблях различных классов.

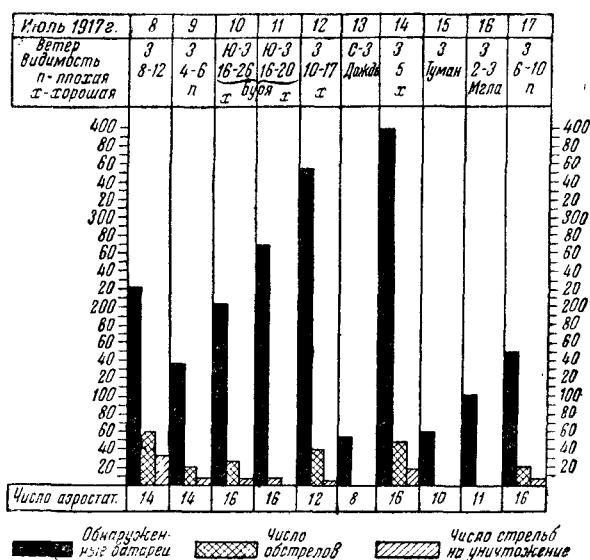


Рис. 16.

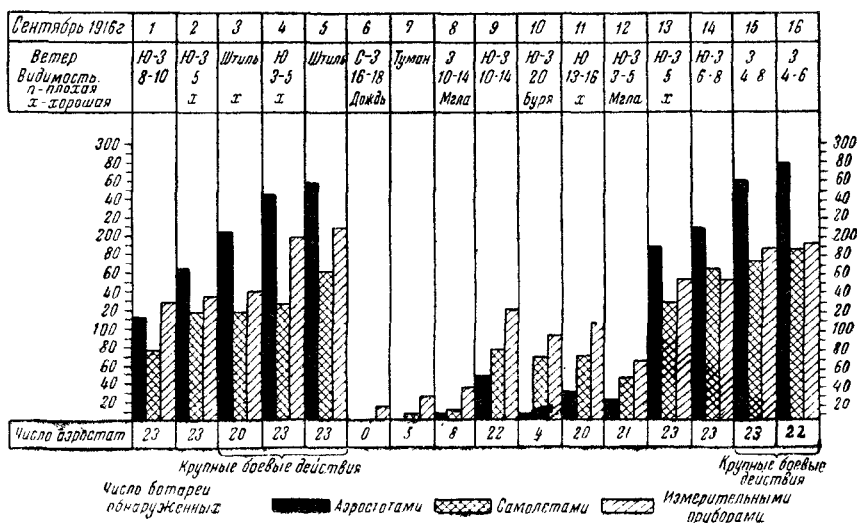


Рис. 17.

Франция. Франция вступила в войну 1914—1918 гг., почти не имея воздухоплавательных частей. Она имела сферические аэростаты наблюдения; но французское командование, увидя, какую пользу приносят привязные аэростаты немецким войскам, стало

спешно создавать воздухоплавательные части и заменять сферические аэростаты наблюдения змейковыми по типу немецких «Парсевалей».

Паровые лебедки были малоподвижными и сильно демаскировали места подъемов (пар, дым работающей машины) со скоростью выбирания только 40 м/мин.

К 1 марта 1915 г. было сформировано 24 воздухоплавательные роты, и сферические аэростаты наблюдения были заменены змейковыми. Бой у Д'Артуа (май 1915 г.) подтвердил всю выгодность применения аэростатов, и, согласно решению генерала Петэна, число воздухоплавательных частей к июлю 1916 г. было доведено до 75. Только из-за кризиса в личном составе это количество не могло быть превышено, несмотря на имевшуюся в главном штабе тенденцию дать по одному аэростату на каждую дивизию. Большинство кадрового состава из воздухоплавательных частей в 1914 г. было разбросано по частям других родов войск.

Подготовка наблюдателей началась быстрыми темпами, но все же в 1915 г. в наблюдателях ощущался недостаток; так, например, на шесть рот, участвовавших в бою у Д'Артуа, имелось только две (и даже одна) смены наблюдателей, которым приходилось вести непрерывно наблюдение в течение 15 часов в сутки. О нагрузке наблюдательной работы можно судить из того, что один из них за 42 дня интенсивной работы пробыл в воздухе 449 часов. Другой наблюдатель в один день после полудня провел 23 пристрелки, всего 323 выстрела.

В 1916 г. на вооружение был введен аэростат «Како». В то же время воздухоплавательные роты были снабжены автомашинами в большом количестве и были введены автомобильные лебедки, которые давали возможность выбирать аэростат со скоростью до 5 м/сек, т. е. 300 м/мин.

Если в начале войны рота имела только 1 км телефонного провода, то к 1916 г. рота устанавливала телефонную сеть на 50 и даже до 100 км для связи с командными пунктами штабов артиллерии, а также между соседними воздухоплавательными ротами.

В 1916 г. на вооружение был введен парашют системы лейтенанта Жюкмес, монтирующийся на корзине аэростата (рис. 18).

Французы, как и немцы, стали применять в боевых операциях аэростаты наблюдения в больших количествах уже с 1915 г. В сентябре 1915 г. в бою в Шампани на территорию трех участвующих армий было стянуто 19 воздухоплавательных рот.

В боях под Верденом аэростаты, находясь в воздухе, подпускали противника на расстояние 3 км, управляя заградительным огнем по приближающимся немецким войскам.

С этого времени во французских воздухоплавательных частях началось особенное разграничение функций — аэростаты общего наблюдения и наблюдения артиллерийского. Такая организация способствовала тому, что как у артиллеристов, так и у авиации с воздухоплавателями наладился очень хороший контакт в работе, позволявший наблюдения одних пополнять наблюдениями

других. Был введен принцип, который существует во французской армии до сих пор, — слияние воздухоплавательных частей с авиацией в аэронавтическом секторе армии.

Плохая организация метеорологической службы в тылу и в прифронтовой полосе привела французское привязное воздухоплавание 5 мая 1916 г. к катастрофе, когда пронесшимся сильным шквалом, прохождение которого можно было предсумо-

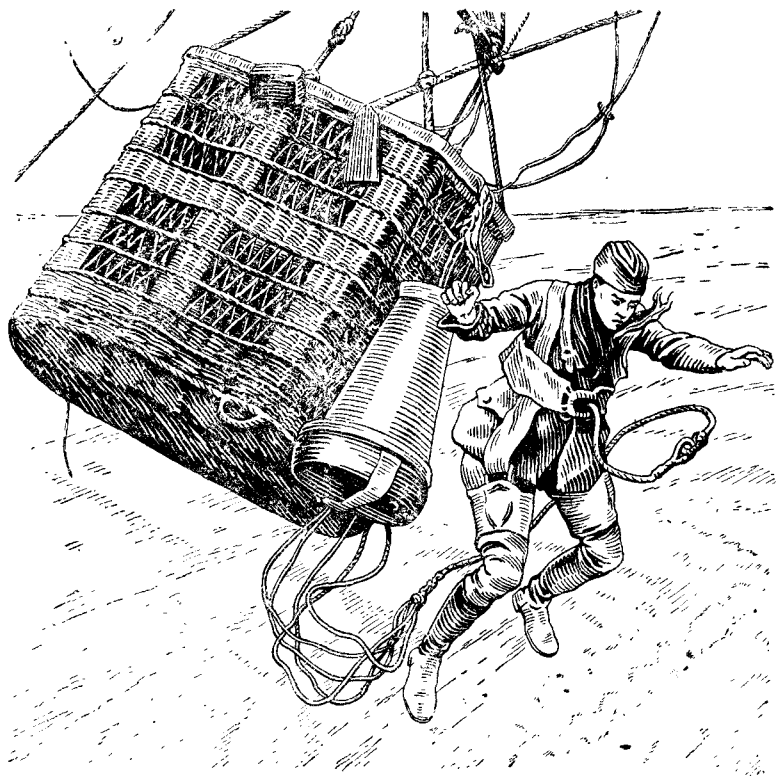


Рис. 18. Прыжок наблюдателя с парашютом.

треть, было сорвано по всему фронту 24 аэростата с 28 наблюдателями, из которых 18 успели выпрыгнуть с парашютами, а остальные попали в плен.

Только этот тяжелый урок послужил толчком к организации сети метеорологической службы.

В боях на Сомме у французов было применено 30 аэростатов. Хорошо защищаемые своей авиацией, они работали с полной нагрузкой, при этом связь была организована так, что наблюдатель имел возможность вести разговор из корзины по разным телефонным проводам со штабами нескольких войсковых соединений. Особенно это было важно для аэростатов наблюдения, предназначенных для общей тактической разведки.

С этого времени расположение аэростатов приняло тот

вид, который сохранялся при каждой операции в период позиционной войны, т. е. один аэростат наблюдения на одну дивизию на линии и два, а иногда три — для общего наблюдения и для наблюдения в пользу тяжелой артиллерии армейского корпуса, а также в пользу групп тяжелой дальнобойной артиллерии.

Впечатление от такого количества аэростатов было угнетающее, так как каждый отдельный человек, каждый отдельный пулеметчик считал себя открытым противником, что усугублялось результатами огня батарей, хорошо управляемого с французских аэростатов.

При наступлении в апреле 1917 г. у Шмен-де-Дам было сконцентрировано 17 аэростатов, обеспечивавших, несмотря на плохую погоду, полное наблюдение стрельб, дублирующее и дополняющее наблюдение авиации. В бою во Фландрии с 15 июля по 31 октября 1917 г. аэростатами было сделано 2 610 наблюдений стрельбы своих батарей, а при наступлении там же 14 аэростатов, с двумя наблюдателями каждый, обслуживали по 40 батарей, иногда при чрезвычайно сильном ветре, доходившем до 20 м/сек.

Французская армия расширяла применение аэростатов наблюдения не только у себя, но производилось усиление итальянской армии, куда в конце 1917 г. посылались французские воздухоплавательные роты. В дальнейшем во всех операциях, вплоть до заключения мира, воздухоплавательные части принимали большое участие, сделавшись при наступлении французов обычными разведчиками, указывающими цепи стрелков, колонны, обозы, действующие батареи, сопровождающими волны атакующих и направляющими обстрел отступающих немцев. При отставании разведывательной авиации от армии, ввиду неподготовленности местности, аэростаты оказывали очень ценные услуги; только они обеспечивали наблюдение и корректирование артиллерийского огня, используя беспроволочный телеграф для связи со штабами.

Дивизии стали требовать аэростаты в свое распоряжение, и с этого времени стала практиковаться система придачи аэростатов каждой дивизии; эта система осталась и до настоящего времени.

Рост воздухоплавательных частей характеризуется следующими цифрами: с 6 полевых рот в 1914 г. до 24 рот в 1915 г. и 72 рот в 1916 г.; общее количество воздухоплавательных рот к концу войны 1914—1918 гг. во Франции было до 76, причем большинство их состояло из двух (иногда трех) наблюдательных станций с одним аэростатом каждая. Таким образом, к концу войны Франция имела не менее 150 аэростатов наблюдения на сухопутных фронтах.

Не менее успешно развивалось привязное воздухоплавание и в морском флоте, который начал применять аэростаты почти на два года позже сухопутной армии. Так как эскадры противников стояли больше в базах и в море выходили редко, борьба на море свелась главным образом к борьбе с подводными лодками,

которые топили корабли торпедами, артиллерийскими снарядами и постановкой плавающих мин. Для борьбы с подводными лодками французы начали вооружать транспортные суда и развертывать дозорную службу вдоль берегов. Затем для лучшего противодействия подводным лодкам транспортные суда стали группировать с придачей каравану конвоя из военных кораблей, которые усиливались воздушной разведкой — аэростатами наблюдения. Таким образом, работа аэростатов сводилась к наблюдению за подводными лодками и к обнаружению минных полей.

В морском флоте был принят аэростат типа «Како». Один из них, объемом 820 м^3 , типа «Р», предназначался главным образом для работы на море и поднимал двух наблюдателей (снаряжался

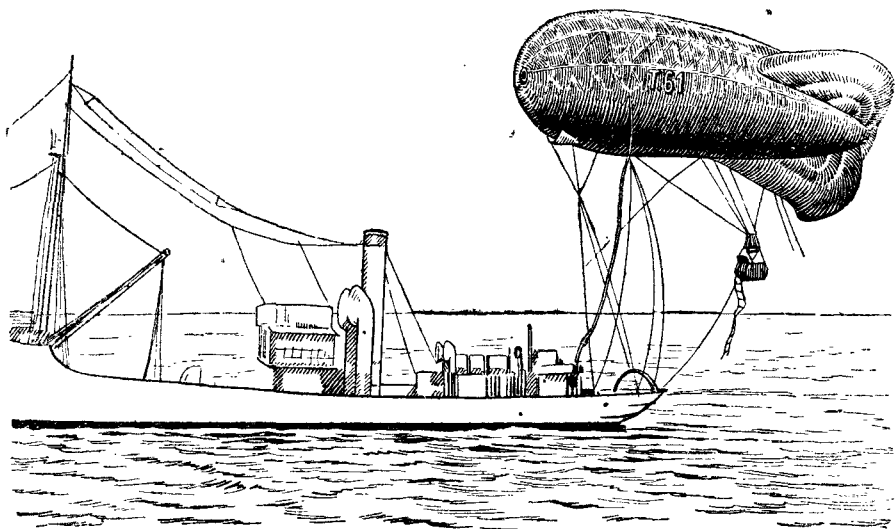


Рис. 19. Французский аэростат наблюдения типа „Р“ на военном корабле.

всегда на одну корзину) на высоту 600 м ; другой — типа «R», в 1000 м^3 — поднимался на высоту 1500 м (мог снаряжаться на одну и на две корзины). Оба типа аэростатов могли работать при ветре до 30 м/сек (аэростат типа «Р» — до 35 м/сек). Эти аэростаты имели приспособление (веревочную лестницу), допускающее высадку наблюдателя, не подводя аэростат к палубе, например при смене (рис. 19).

В 1917 г. во Франции при морском флоте было организовано 18 центров по четыре аэростата в каждом, расположенных на берегах (т. е. в береговой обороне) самой Франции, Алжира и Туниса, в то время как у Англии аэростаты были расположены на берегах Средиземного моря.

Впоследствии к французской службе наблюдения были добавлены еще три американских центра.

Ко времени заключения мира число кораблей, несущих

привязные аэростаты, было доведено до 80, а по планам в 1919 г. это количество должно было удвоиться.

В качестве примера службы аэростатов на море можно отметить, что за три месяца, с мая по июль 1918 г., с привязных аэростатов было замечено шесть подводных лодок, которые и были атакованы. За это же время было обнаружено и уничтожено 20 пловучих мин.

В качестве примера выносливости укажем на путешествие аэростата наблюдения в течение 25 дней в июле 1918 г. на буксире из Руайяна в Акор при походе флотилии парусников.

Франция и после мировой войны 1914—1918 гг. применяла аэростаты наблюдения: в 1925—1926 гг. в Марокко, где был использован воздухоплавательный батальон в составе двух рот и одного воздухоплавательного парка.

Для характеристики развития и работы привязных аэростатов наблюдения во Франции во время войны 1914—1918 гг. приведем несколько статистических данных.

Во Франции за время войны было построено 2 000 оболочек аэростатов наблюдения и 600 лебедок.

Если в 1914 г. промышленность выпускала только 8 000 м² резиновой материи, то к июлю 1918 г. выпуск материи достиг 600 000 м² — увеличение в 75 раз.

Следующие цифры характеризуют объем работы некоторых воздухоплавательных частей. Так, 30-я воздухоплавательная рота за время с 28 сентября 1914 г. по 11 ноября 1918 г. имела 3 468 часов подъема, указав за это время 1 146 батарей противника и произведя 1 369 корректирований стрельбы своей артиллерии. 39-я воздухоплавательная рота за время с 1 декабря 1914 г. по 11 ноября 1918 г. за 3 500 подъемных часов указала 2 800 батарей противника и корректировала 1 700 стрельб. 59-я воздухоплавательная рота за время с 1 января 1916 г. по 30 сентября 1918 г. за 2 510 подъемных часов указала 1 795 батарей и провела 950 корректирований.

Это соединение под Верденом подвергалось 22 нападениям самолетов, из которых 12 закончились пожаром аэростатов; 13 аэростатов были повреждены разрывами снарядов, и было произведено 16 спусков наблюдателей с парашютами.

Война 1914—1918 гг. начиналась с предвзятым мнением о ненужности и непригодности аэростатов для боевых операций (не только во Франции), но ход дальнейших событий показал их полезность, показал ошибочность довоенных взглядов, и пришлось положить много труда, чтобы воздухоплавание поставить на ноги и дать ему надлежащее место.

Италия. При вступлении в первую мировую империалистическую войну Италия в 1915 г. имела 13 воздухоплавательных подразделений (отделений), из которых девять были полевыми и четыре при крепостях. В сентябре 1916 г. у итальянцев было создано 18 отделений, из них 16 полевых и 2 морских.

В 1917 г. организационно все отделения были сведены в четыре группы, число которых вскоре увеличилось до семи при

28 отделениях, и все они были реорганизованы в две воздухоплавательные бригады. Были организованы четыре воздухобазы с ремонтными мастерскими, складами, газовыми заводами. В 1918 г. число отделений, обслуживающих армию и флот, было доведено до 35, считая несколько английских и одно французское отделение.

До 1917 г. материальная часть аэростатов была такая же, как у французов. Лебедки «Контоно Савильяно» были итальянской конструкции. В 1917 г. итальянцы создали аэростат наблюдения своей конструкции, так называемый «Аворио Прассоне» («АР»), который мог работать при ветре до 25 м/сек, обладал хорошей устойчивостью и потолком до 2 000 м, при объеме около 1 050 м³. Форма «АР» оригинальная — каплевидная (рис. 20).

Кроме формы, отличающейся от аэростатов «Парсеваль» и «Како», при конструировании аэростата «АР» были приняты особые меры для предохранения его от электрических разрядов, так как итальянской армии пришлось действовать главным образом в горах, где атмосферное электричество оказывает значительное действие на привязной аэростат. Оболочка аэростата была изолирована от земли, корзина связана и имела потенциал земли, газовый клапан — деревянный, с резиновыми шнурами; на оболочку подвешивались два разрядника — один около клапана, другой у вершины троса.

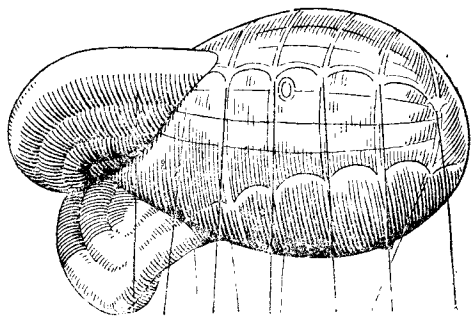


Рис. 20. Итальянский привязной аэростат наблюдения „АР“.

Приводимые данные характеризуют работу итальянских аэростатов наблюдения. Две воздухоплавательные бригады при 24 аэростах во время наступления немцев в июле 1918 г. пробыли в воздухе 5 500 часов. Было обнаружено до 4 600 батарей, произведено 6 800 корректирований стрельбы, сделано 1 600 наблюдений тактического характера, замечено до 90 передвижений противника по железным и грунтовым дорогам. На одном из участков итальянского фронта в IV группе из шести аэростатов наблюдения за время с 1 января по 1 сентября 1918 г. было произведено 488 подъемов, составивших в сумме 2 853 часа. В I группе из четырех аэростатов было 1 288 подъемных часов в промежутки времени с января по ноябрь 1918 г. Наблюдения за это время производятся в табл. 4 (см. стр. 50).

Как видно из приведенной таблицы, продуктивность работы аэростатов наблюдения была хорошая, причем ошибки в наблюдениях были как исключение. За это время было потеряно 11 аэростатов (из 17), что составляет почти 65%. Эти потери объясняются, с одной стороны, тем, что к этому времени

Таблица 4

Группа	Дата	Количество аэростатов	Наблюдения			Потери аэростатов
			открыто батарей	проведено корректи- ровок	движений по дорож. м и прочие наблюдения	
IV	1 января — 1 сентября 1918 г.	6	1 646	2 000	1 300	4
I	Январь—ноябрь 1918 г.	4	605	844	—	2
I	15—22 июля 1918 г. . .	7	512	2 451	4 518	5
Всего . . .		17	2 763	5 295	5 818	11

появились самолеты лучших конструкций, имеющих большую скорость и маневренность, с усиленным вооружением, и с другой — тем, что охрана аэростатов в воздухе была недостаточна и часто обеспечивалась только с земли стрелковым подразделением той воздухоплавательной части, которой принадлежал аэростат.

Аэростаты выводились из строя почти исключительно самолетами противника, а обстрел их артиллерией был малоэффективен. Были случаи, когда по аэростату выпускалось до 200 снарядов среднего калибра безрезультатно.

Приведем несколько других примеров работы воздухоплавательных частей в разное время на различных участках фронта.

Три воздухоплавательные группы при 3-й армии, т. е. 9—12 аэростатов, за период февраль — октябрь 1918 г. обнаружили (см. табл. 5):

Таблица 5

Месяцы	Орудий противника			
	большого калибра	среднего калибра	малого калибра	зенитных
Февраль	2	64	76	184
Март	4	116	464	640
Апрель	4	46	444	160
Май	18	364	372	584
Июнь	20	2 848	3 588	1 208
Июль	9	2 420	1 720	1 044
Август	8	388	492	284
Сентябрь	10	98	40	144
Октябрь	24	2 060	908	404
Всего	99	8 404	8 104	4 652

II воздухоплавательная группа в промежуток времени с 15 по 22 июня 1918 г. при трех аэростатах произвела за 225 часов подъема:

разных наблюдений	135
обнаружено неприятельских орудий	65
произведено корректирований	59

Использование аэростатов было значительным, так как получалось, что каждый аэростат находился в воздухе в среднем не менее 10 часов в сутки.

Работа 1-й воздухоплавательной бригады, имевшей 13 аэростатов, во время двух наступлений: австрийского с 15 по 22 июля 1918 г. и итальянского с 24 октября по 4 ноября 1918 г., т. е. суммарно в 17 дней, выразилась следующими показателями:

часов подъема	2 689
корректирований	2 091
обнаружено неприятельских артиллерийских позиций	2 759
наблюдений тактического характера	729
обнаружено передвижений по грунтовым и железным дорогам	871
неприятельских нападений на аэростаты	45

Здесь напряженность была еще большей, так как в среднем получалось пребывание каждого аэростата в воздухе в течение 12 часов в сутки.

Работа группы из шести аэростатов на другом участке фронта за период с января по сентябрь 1918 г. выразилась следующими показателями:

дней подъема	488
(т. е. в среднем 81 день на аэростат)	
количество подъемных часов	2 833
(т. е. в среднем 5,8 часа в сутки на аэростат)	
корректирований	2 019
обнаружено артиллерийских позиций	1 646
передвижений по грунтовым и железным дорогам	1 066
разных наблюдений	23

С 27 октября по 4 ноября служба наблюдения велась непрерывно днем и ночью. Кроме этой работы, аэростаты непрерывно несли службу связи, наблюдая за сигналами и передавая их своему командованию. В этой группе за 8 месяцев работы потери в материальной части (оболочки аэростатов) выразились в 6 штук, т. е. 100%, из которых пять были сожжены самолетами противника и один с оборванным тросом улетел в расположение противника, причем наблюдатели в большинстве случаев прыгивали с парашютами.

Италия применяла аэростаты наблюдения и на морском театре, организовав в конце 1916 г. морские воздухоплавательные отряды. Так как в Средиземном море обслуживание флота аэростатами ложилось главным образом на Францию и Англию, итальянские воздухоплавательные отделения в продолжение войны несли службу наблюдения в главных военных портах, преимуще-

ственно на Адриатическом море и в Мессинском проливе. Всякая попытка неприятельской подводной лодки приблизиться к месту, где стояли корабли, или переплыть пролив сразу же обнаруживалась с привязного аэростата. При помощи аэростатов вылавливались и уничтожались пловучие мины, расставленные неприятельскими судами.

71-е морское отделение за год произвело 198 наблюдений общего характера. Было обнаружено четыре минных заграждения; мины были выловлены; произведено 48 корректирований артиллерийской стрельбы. Корректирование с морских судов проводилось довольно часто и успешно.

Район наблюдения на море с аэростата, по итальянским данным, в зависимости от высоты подъема достигал:

Высота подъема	Дальность видимости
100 м	37 км
300 „	61 „
600 „	85 „
1 000 „	114 „

Для размещения морских отделений аэростатов наблюдения использовались суда морского флота. На корабле сосредоточивалась вся материальная часть, т. е. сам аэростат, лебедка, запас труб с водородом, а также каюты для команды, кают-компания, кухня и т. п. Морские отделения использовались и для дальних разведок на путях следования кораблей (Сиракузы — Катания, Сиракузы — Августа). Морских отделений в итальянском флоте было организовано более 15; за время работы они провели более 300 подъемов.

В течение 1915—1916 гг. заводом в Риме было построено 180 аэростатов типа «Парсеваль», а в 1917—1918 гг. — 318 аэростатов типа «Аворио Прассоне».

США. Вступление США в первую мировую империалистическую войну (6 апреля 1917 г.) застало эту страну только с одним старым немецким «Парсевалем» с очень ограниченным количеством оборудования. Все хозяйство находилось в ведении аэростатного отдела воздушного дивизиона, но в августе 1917 г. был организован отдел постройки аэростатов как часть дивизиона оборудования корпуса связи, причем на обязанности этого отдела лежала вся работа по ускорению постройки аэростатов на нескольких заводах, которые были настолько плохо подготовлены к выполнению заказов, что не имели специальных сортов длинноволокнистого хлопка, необходимого для изготовления перкалей для аэростатов. Правительством были отпущены все запасы такого хлопка (около 25 000 кип), чтобы получить нужную материю. Четыре американские фирмы начали строить аэростаты наблюдения.

Для США, вступивших в первую мировую империалистическую войну в 1917 г., необходимость применения аэростатов наблюдения была ясна, поэтому сразу же как со стороны армии, так и со стороны морского флота начали поступать требования на

аэростаты. По оперативному плану военного ведомства намечалась организация 72 воздухоплавательных рот численностью по 200 человек в каждой с расчетом, чтобы к 1 марта 1919 г. число рот достигло 200. За короткий промежуток времени участия в этой войне США к моменту заключения мира располагали 574 аэростатами. Наряду с развитием строительства аэростатов начали открываться воздухоплавательные школы. В сентябре 1917 г. была открыта первая школа с количеством обучающихся: 61 человек офицерского состава и 1 200 человек рядового состава, а вскоре, в декабре — вторая школа для 150 человек офицерского состава и 2 200 человек рядового состава. Аэростат в армии и флоте США был в основном тот же, что и во Франции, т. е. типа «Како», «М» и затем типа «R». Также по плану и в потребном количестве производился выпуск всего необходимого имущества (лебедки, тросы, брезенты, клапаны и т. п.).

Во время войны 1914—1918 гг. немецкими летчиками было сбито 43 американских аэростата, наряду с этим 45 аэростатов США были переданы Франции и Англии. В воздухоплавательном корпусе США при заключении мира было 92 действующие воздухоплавательные роты, из которых 35 находились на фронте и 57 в пределах США.

Англия. До войны 1914—1918 гг. английская армия почти не имела привязного воздухоплавания, если не считать одной роты, предназначенной для колониальной службы. Англия в войну 1914—1918 гг. первая применила аэростат наблюдения для обслуживания морского флота. В 1914 г. был выслан единственный в то время воздухоплавательный отряд на специально приспособленном торговом судне «Manica» в Дарданеллы. Этот опыт был настолько удачен, что положил начало большому развитию морских воздухоплавательных отрядов в английском флоте.

Англия довела число воздухоплавательных отрядов к концу войны 1914—1918 гг. до 200, из них 80 морских. Аэростаты буксировались кораблями всех классов, начиная с подводной лодки и кончая крейсером. С 1917 г. английский флот, выходя в море, брал не менее 30 привязных аэростатов для целей разведки и наблюдения, главным образом в отношении подводных лодок и минных заграждений.

Большая часть линейных кораблей английского флота имела свои привязные аэростаты наблюдения; ими пользовались преимущественно для корректирования и наблюдения за артиллерийской стрельбой. Эти же морские воздухоплавательные отряды обслуживали и береговую оборону в отношении наблюдения за прибрежной полосой моря и корректирования стрельбы береговых батарей.

Россия. К началу мировой войны 1914—1918 гг. личный состав воздухоплавательных рот был передан в авиационные части, так как там был недостаток в кадрах наблюдателей. Ни одной полевой воздухоплавательной роты не осталось. Остались лишь девять крепостных рот и по мобилизационному плану выделялись две роты из батальона офицерской воздухоплавательной

школы, существовавшей в то время. Две воздухоплавательные роты из школы — 13-я и 14-я — по три станции в каждой и две наблюдательные станции из крепостей Гродно и Осовец были в армии. В 1917 г. воздухоплавательные станции были переформированы, и было создано 87 отрядов (не считая 6 крепостных станций), что вызывалось огромными требованиями со стороны армейских дивизий и артиллерии. Были созданы управления воздухоплавания и несколько парков при фронтах.

Требования наземных войск не удовлетворялись, так как отсталая промышленность того времени не могла обеспечить воздухоплавательные отряды лебедками, и до конца войны только половина отрядов была снабжена лебедками на автомобильном ходу, а другая половина так и осталась с лебедками на конной тяге; кроме того, нехватало тросов, и вообще снабжение было с перебоями, в силу чего отряды часто бездействовали. На вооружении находился тот же аэростат «Парсеваль», и только к концу войны на румынском фронте появились четыре аэростата типа «Како» русской постройки.

Войсковые начальники, мало знакомые со свойствами и назначением привязного аэростата, несмотря на энергичную и полезную работу воздухоплавателей, долго не могли приучиться к использованию их. Однако появление большого количества привязных аэростатов у противника и начавшееся поражение наших батарей на закрытых позициях вызвали настойчивые требования на аэростаты со стороны каждой дивизии и артиллерийских частей.

Плохая защита аэростатов артиллерией и авиацией от авиации противника привела к тому, что за 1916—1917 гг. было потеряно 57 аэростатов. Тем не менее опыт применения аэростатов в боевых операциях за время первой мировой империалистической войны заслуживает внимания и всестороннего изучения. К осени 1917 г. на фронтах находилось 87 воздухоплавательных отрядов и 3 станции от крепостных рот, т. е. всего 90 аэростатов.

На русском фронте аэростаты наблюдения, кроме артиллерийских задач, разведки и корректирования, выполняли работу по общей разведке и зачастую являлись центральным артиллерийским наблюдательным пунктом, руководившим стрельбой целой группы батарей по широкой площади фронта противника. Исчерпывающих данных о работе воздухоплавательных частей в войну 1914—1918 гг. здесь не дается, поэтому ознакомимся с описанием лишь некоторых примеров.

Разведка с аэростата была настолько эффективной, что, например, при работе пяти аэростатов под Бжежаны в 1915 г. из насытившихся на данном участке у противника 54 батарей было обнаружено 48. Работа воздухоплавательных отрядов, ввиду их нехватки, была чрезвычайно напряженной, так как командование требовало пребывания аэростатов в воздухе и днем и ночью, как было, например, в период с 15 по 23 сентября под Ивангородом. В эти дни аэростат работал непрерывно, несмотря на ветер силой 18—26 м/сек.

При корректировании стрельбы с аэростата огонь артиллерии был весьма эффективен. Так, например, в сентябре 1917 г. на Стоходе при корректировании с одного аэростата огня шести батарей в течение 1½ часов было выпущено 3 000 химических снарядов.

Из 87 аэростатов, бывших на русских фронтах в период с 1 по 15 сентября, 25 по той или иной причине (главным образом из-за снабжения) совсем не работали, а два аэростата за весь период не работали исключительно из-за плохой погоды. Таким образом, в рабочем состоянии были 60 аэростатов.

Отчет о работе 60 аэростатов за период 1—15 сентября сведен в табл. 6.

Таблица 6

Количество подъемов	Количество подъемных часов	Число открытых батарей	Число корректирований	Число данных наблюдений по разведке	Число уничтоженных противником аэростатов	Число спустившихся с парашютами	Число обстрелов аэростата			Потери в людях	
							артиллерийским огнем	пулеметным огнем с самолета	бомбами с самолета	убитых	тяжело раненых
646	830	48	52	207	5	5	2	24	8	3	4

Из этой таблицы видно, что использование аэростатов, если не отбрасывать неработающие отряды, было еще недостаточным, так как на аэростат в среднем пришлось только по 10,8 подъема общей продолжительностью 13,8 часа за 15 дней, т. е. в сутки в среднем пришлось только по 55 минут пребывания аэростата в воздухе.

Можно привести много примеров весьма успешной боевой работы привязных аэростатов на фронтах гражданской войны, причем следует отметить, что вся работа проходила в условиях маневренной войны, когда аэростаты использовались на бронепоездах и на судах в речных флотилиях и в разнообразных климатических условиях — под Архангельском и в Бухаре.

На бронепоездах оборудовалась специальная платформа, где устанавливалась лебедка, а в речных флотилиях подъемы аэростатов производились с буксира или со специальной баржи (рис. 21).

В сентябре 1918 г. аэростат начал работать с Волжской флотилией, весьма удачно ведя разведку и корректирование стрельбы орудий флотилии, которая продвигалась с поднятым аэростатом.

Гражданская война дала новый способ применения аэростатов совместно с бронепоездами.

Впервые такая работа началась в марте 1919 г. на южном фронте с бронепоездом «Черноморец».

Аэростаты наблюдения использовались и в Кронштадтской крепости, в многочисленных укрепленных районах, где девять аэростатов с января по октябрь 1919 г. провели в воздухе

560 часов, из них 65 часов — для корректирования стрельбы артиллерии.

Полевые воздухоплавательные отряды (15 аэростатов), при плохом их использовании, за 10 месяцев 1919 г. пробыли в воз-

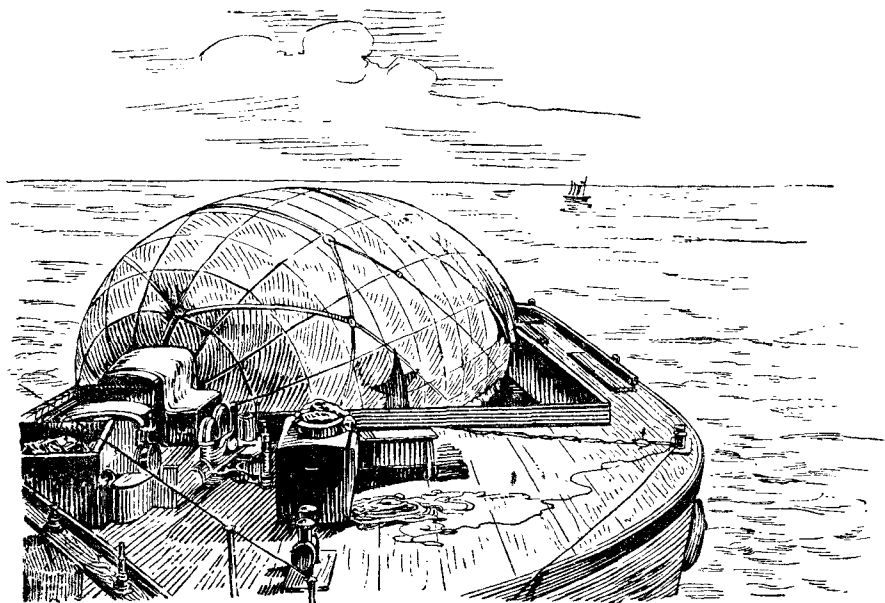


Рис. 21. Аэростат „Како“ в трюме баржи.

духе 900 часов, из них 50 часов — для корректирования артиллерийского огня.

Из приводимой табл. 7 видна степень использования войсковыми частями и соединениями приданных им воздухоплавательных отрядов.

Таблица 7

1919 г., месяцы	При флотилии			При бронепоездах			В укрепленных районах			При дивизиях			Всего		Общий % использования
	придано отрядов	работало отрядов	% использования	придано отрядов	работало отрядов	% использования	придано отрядов	работало отрядов	% использования	придано отрядов	работало отрядов	% использования	боевых отрядов	использовано	
Июль	4	3	75	2	2	100	5	2	40	13	6	46	24	13	54
Август	3	3	100	4	4	100	6	5	83	12	3	25	25	15	60
Сентябрь . . .	5	3	60	5	3	60	7	6	86	9	6	67	26	18	69
За весь период июль-сентябрь .	—	—	78	—	—	87	—	—	70	—	—	59	—	—	61

Таблица показывает, что наиболее высокий процент использования аэростатов был на бронепоездах и флотилиях. Процент использования отрядов за тот же период отдельными фронтами дает следующую картину (в процентах):

Западный фронт	68
Южный	57
6-я армия	50
Восточный фронт	48
Туркестанский фронт	20

Нехватка средств передвижения в воздухоплавательных отрядах сильно отражалась на использовании аэростатов и не давала им возможности работать с большей подвижностью (восточный, туркестанский фронты). Но тем не менее 1919 год уже показал несомненную ценность аэростатов.

Необеспеченность подготовленными кадрами специалистов и запасами материальной части заставила командование Красной Армии остановиться на созданных 25 отрядах, которые и несли службу наблюдения на фронтах в течение всего 1920 г.

В результате нехватки этих отрядов, для удовлетворения запросов всех фронтов приходилось постоянно прибегать к их перегруппировкам и переброскам, что, конечно, мешало более полному использованию их для боевой работы.

Все воздухоплавательные отряды по специфичности работы в течение 1920 г. можно разбить на четыре группы:

- 1) работавшие с бронепоездами и дивизиями при передвижении по железной дороге;
- 2) работавшие в полевых условиях;
- 3) работавшие с флотилиями;
- 4) несшие береговую службу.

Наиболее целесообразной работа отряда была тогда, когда он находился на колесах железнодорожного транспорта (например с бронепоездом); использование аэростатов в этих случаях было наибольшим. Это показывает приведенная ниже табл. 8.

Таблица 8

Месяцы	Общее число бое- способных отрядов	На желез- ных доро- гах с бро- непоездами		Полевых		С флоти- лиями		Береговых		В перебросках	% использования
		работало	не рабо- тало	работало	не рабо- тало	работало	не рабо- тало	работало	не рабо- тало		
Январь	24	2	1	1	6	—	3	—	1	4	12,5
Февраль	24	2	1	—	7	—	3	—	1	12	8,3
Март	24	5	—	2	6	—	3	—	1	10	29,2
Апрель	24	5	—	3	4	—	5	1	—	15	37,5
Май	22	2	—	4	3	—	7	1	2	14	31,8
Июнь	23	3	—	7	2	—	3	3	—	20	56,5

Аэростаты были на всех фронтах. На юго-западном фронте в апреле работало четыре аэростата, на западном фронте — два, под Ленинградом — один; были они в Карелии, Туркестане и т. д., где в зависимости от состояния погоды работали с большей или меньшей продуктивностью. Например, 28-й отряд, работавший под Киевом, за один месяц совершил 30 подъемов общей продолжительностью 62 часа, обнаружив 7 батарей противника, 23 разные войсковые части и обозы, проведя 10 корректирований стрельбы артиллерии.

Аэростат этого отряда подвергался двум безрезультатным нападениям самолета противника и три раза был обстрелян артиллерией. 8-й отряд, работая с бронепоездом на крымском направлении, у Сиваша, регулярно следил за бронепоездами противника и корректировал стрельбу по ним своей артиллерии.

Полезность работы аэростатов наблюдения подтверждается усилением борьбы неприятеля с аэростатами. За 1919 г. на аэростаты Красной Армии было сделано 93 нападения самолетов и 26 обстрелов артиллерией, а в 1920 г. число нападений самолетов увеличилось до 137, обстрелов артиллерией — до 32.

11. Аэростаты заграждения

Аэростаты заграждения как совершенно новое средство обороны впервые были применены в войну 1914—1918 гг. Эти аэростаты появились в 1916 г. в результате изучения ночных маршрутов нападающих бомбардировочных эскадрилий. Пути следования бомбардировщиков ночью бывали почти всегда одни и те же. Естественно, возникло стремление поставить на этих «дорогах» заграждения, могущие сбить самолет или, в крайнем случае, помешать ему пролететь к намеченной цели. Почти все воюющие государства в наиболее важных районах обороны стали устанавливать воздушные заграждения различных систем. Заграждения устанавливались как на наиболее вероятных путях полета противника, так и непосредственно у самого охраняемого объекта. Эти заграждения применялись Англией при обороне Лондона; Францией при защите Парижа, а также промышленных объектов и складов в прифронтовой полосе; Италией при обороне Венеции, Пьяццы и других городов в тылу и на фронте, для защиты складов, мостов и т. п.; Германией при защите Саара, захваченного у французов, Лотарингского района, Люксембурга и у Леверкузена; Австрией при защите портов и крепостей Пола и Каттаро.

Во всех этих случаях аэростаты заграждения (сокращенно АЗ) не являлись обособленным средством защиты, а наоборот, применялись в совокупности с другими средствами противовоздушной обороны — истребительной авиацией, зенитной артиллерией, прожекторами, звукоулавливателями, постами наблюдения и т. д.

Количество самолетов, «сбитых» посредством аэростатов за-

граждения за время войны, по имеющимся неполным данным, было незначительно.

Моральный же эффект аэростатов заграждения был настолько велик, что налеты авиации или прекращались вовсе, или не достигали цели. Это подтверждается обороной Венеции и Парижа. Установлено, что маршруты германских самолетов зависели от расположения АЗ, за которыми немцы систематически наблюдали и перед каждым налетом предварительно производили длительную авиационную разведку маршрута.

Если немецкие самолеты и достигали Парижа, то ограничивались лишь бомбардировкой окраин. Поперечная завеса Елисейских полей была преодолена самолетами только один раз.

Дневных налетов на Париж немцы не производили, так как истребительная авиация французов в совокупности с зенитной артиллерией и другими средствами ПВО, в том числе и аэростатами заграждения, препятствовала таким налетам.

С другой стороны, статистика сбрасывания бомб французами по промышленным объектам Германии, где также были выставлены воздушные заграждения, показала, с какой тщательностью французы стали избегать этих заграждений.

Вкратце рассмотрим системы и состояние воздушных заграждений во время войны 1914—1918 гг.

Систем заграждений было три: английская, франко-итальянская и германо-австрийская.

Англия. При обороне Лондона англичане применяли так называемые «фартучные воздушные заграждения».

Вся система заграждения Лондона состояла из ряда отдельных элементов, составленных каждый из трех больших, около 1000 м³, аэростатов, поднимаемых на тросах диаметром 7 мм. Каждый из этих аэростатов соединялся горизонтальным тросом, длина которого обычно достигала 450—500 м; это расстояние и было интервалом между соседними аэростатами в каждом элементе системы заграждения.

К горизонтальному тросу подвешивались отвесные отрезки более тонкого троса диаметром 3 мм, с сопротивлением на разрыв около 700 кг и длиной 300 м; на концы таких отрезков привязывались мешки с песком, чтобы они при ветре сохраняли вертикальное положение. Интервалы между отвесными тонкими тросами были около 25 м.

Таким образом, три аэростата прикрывали 1 км по фронту, создавая на высоте до 3000 м сеть — заграждение из троса. Эти воздушные заграждения ставились у Лондона¹.

Такое заграждение, конечно, создавало опасность для самолетов того времени, но высота была недостаточна, на сдачу в воздух требовалось около 2 часов при трудностях выполнения маневра сдачи группы аэростатов в воздух даже при легком ветре.

Поднять во-время такую систему по сигналу воздушной тре-

¹ Т. е. между городом и самолетными патрульными линиями.

воги не представлялось возможным, поэтому она должна была находиться в воздухе в течение долгого промежутка времени (рис. 22).

Ночью такая система являлась реальной опасностью для самолетов, летящих на малой высоте, тем более что тросов с само-

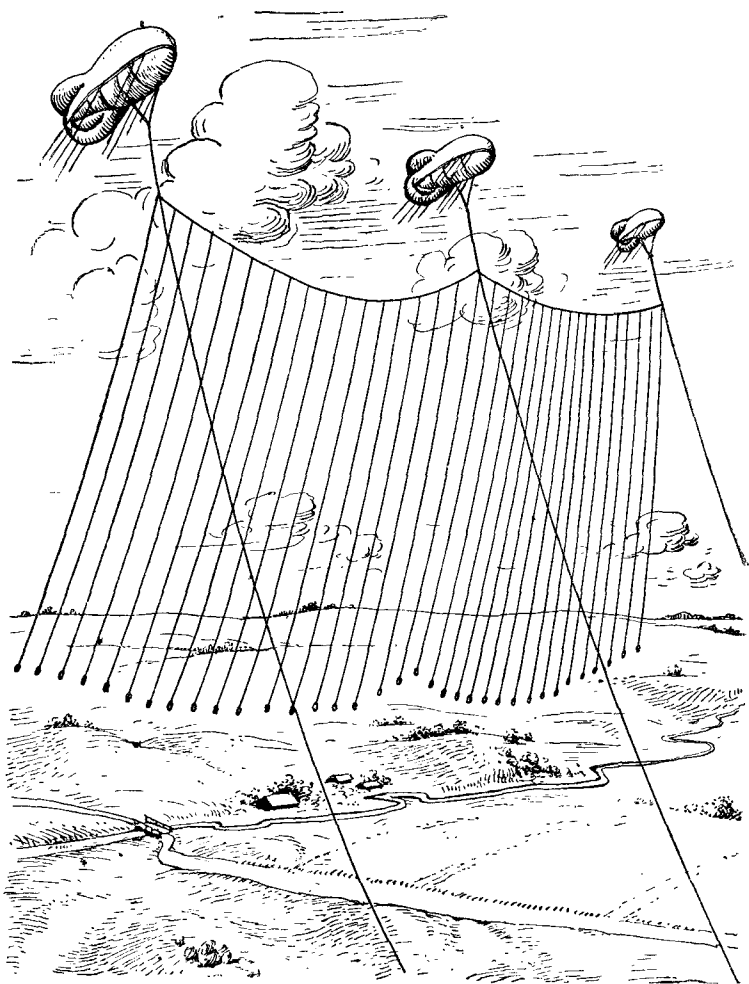


Рис. 22. Общий вид аэростатного «фартука».

лета не видно даже днем. Немецкие летчики считали, что англичане передвигают АЗ по местности, чего в действительности не было. Первая очередь английских воздушных заграждений должна была состоять из 20 «фартуков» по 3—5 аэростатов. Фактически в начале 1918 г. было только 10 действующих «фартуков» с тремя аэростатами в каждом. Сначала для подъема «фартуков» применялись обычные аэростаты «Како» объемом 935 м³.

затем «Како» объемом 1 160 м³ и аэростат итальянской системы «Аворио Прассоне» объемом 1 050 м³.

Направление работы по воздушным заграждениям было устремлено на увеличение высоты «фартуков» до 4 500—6 000 м.

Италия. Итальянская система воздушных заграждений отличалась от английской системы. Италия применила АЗ уже в 1916 г. при обороне Венеции, которая подвергалась ожесточенным бомбардировкам с австрийских гидросамолетов. Эти аэростаты заграждения в известной мере обеспечивали (в то время) от воздушных бомбардировок, так как большая часть летчиков не осмеливалась преодолевать препятствия из тросов.

Потолки одиночных аэростатов первоначально были 2 000—2 500 м, затем доведены в системе тандем до 3 500 м, в то время как потолок самолетов не превышал 3 500 м. Итальянцы применяли аэростаты небольших объемов: сначала немного более 100 м³, затем они были увеличены до 200 м³. Поднимались они на тросах диаметром 3 мм. Между собой по фронту аэростаты не соединялись (рис. 23).

Расстояние между одиночными аэростатами по фронту было около 150 м, увеличиваясь для тандем до 250 м во избежание спутывания тросов соседних аэростатов. Подъем АЗ тандем происходил следующим образом: сначала на тросе сдавался верхний аэростат на расчетную длину троса, а затем к этому же тросу на замке или петле присоединялся второй аэростат, и подъем продолжался до максимально возможной высоты для данных аэростатов.

Итальянские аэростаты, в отличие от английских, были безбаллонетные, с растягивающейся резиновой системой.

При обороне Венеции, которая окружена водой (каналы, лагуны), итальянцы вынуждены были поднимать АЗ с разных пловучих средств (плоты, баржи, мостки и т. п.).

В октябре 1916 г. было поставлено всего 10 аэростатов, в марте 1917 г. — 40, и в октябре того же года количество АЗ было увеличено до 56. В ноябре 1918 г. Италия имела уже 130 постов АЗ, поднимающих аэростаты в системе тандем.

Из числа самолетов, пытавшихся прорвать заграждения, один

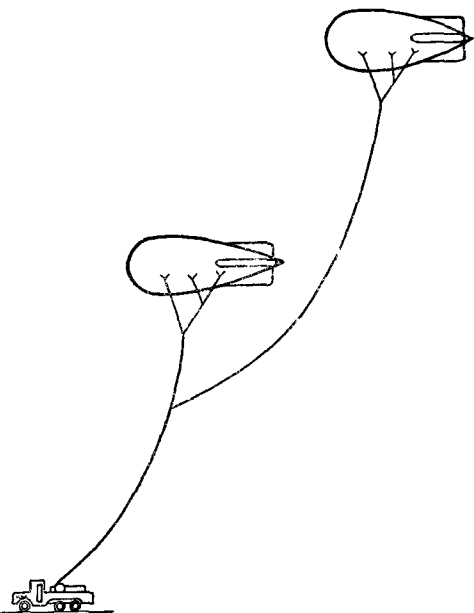


Рис. 23. Схема подъема аэростатов заграждения франко-итальянской системы.

был тросом «сбит», другой оборвал трос и, намотав его на себя, все же улетел. После этого случая летчики боялись прорывать аэростатные заграждения и часто сбрасывали бомбы, не доходя до цели.

С наступлением темноты аэростаты, если была предварительная тревога, сдавались в воздух до 1 000 м и ожидали в этом положении настоящей тревоги, по которой АЗ сдавались в воздух на полную высоту.

Для характеристики работы АЗ приведем табл. 9.

Таблица 9

Служба аэростатов заграждения Италии

Пункт установки АЗ	Период работы	Ночей работы	Количество тревог	Нападений	Среднее количество аэростатных постов на охране объекта	Суммарное количество аэростатов за все тревоги	Потеряно АЗ, унесенных ветром и сбитых артиллерией	Сбито самолетов
Венеция	X 1916 г.—X 1918 г.	239	36	35	12	657	31	1
Бриндизи	II—X 1918 г.	90	9	3	8	74	11	4+1
Монте-Кордето ¹	VI—X 1918 г.	59	2	1	20	20	1	—
С.-Стефано ²	—	—	—	—	15	—	14 ⁴	—
Таранто ³	X 1918 г.	16	—	—	—	—	—	—

Как видно из этой таблицы, Италия применяла АЗ для охраны весьма разнообразных объектов, преследуя цель или прекратить налеты, или максимально их затруднить, что, по отзывам немцев, ей до некоторой степени удавалось.

Франция. Система французских воздушных заграждений была сходна с итальянской.

Франция применяла аэростаты конструкции «Како», с маркой «N», имевшие объем от 180 до 240 м³, и «NN» с объемом от 170 до 270 м³.

Для подъема одиночных АЗ до высоты 2 000 м применялись аэростаты «N», поднимаемые на тросах диаметром 4 мм с прочностью на разрыв около 1 000 кг; при подъеме тандем сначала на тросе диаметром 3 мм сдавался в воздух аэростат «NN», и на стыке между 3-мм и 4-мм тросами прицеплялся аэростат «N». Высота подъема такой системы доходила до 4 000 м. Сдача в воздух франко-итальянской системы АЗ происходила значительно

¹ Населенный пункт.

² Оборона военного корабля, стоящего на якоре в порту.

³ Укрепленный район (пороховые погреба, арсенал, мост).

⁴ Погибли от пожара в ангаре.

быстрее, чем английской. Франция, так же как и Италия, применяла АЗ для охраны многих объектов (города, склады, мосты) как в тылу, так и в прифронтовой полосе. Интервалы между соседними аэростатами у французов были от 200 до 400 м. Такая расстановка АЗ снижала вероятность попадания самолета на трос, но невидимость тросов и значительная крепость их все же представляли для самолетов значительную опасность, и летчики или боялись летать, или предпочитали, если это было возможно, перескакивать заграждения сверху на значительной высоте.

Взаимодействие зенитной артиллерии с АЗ способствовало тому, что налеты немецкой авиации на Париж не достигали цели. В сентябре 1918 г. на обороне Парижа были расположены 14 отделений по 10 аэростатов, всего 140 аэростатов. Франция к концу войны имела 1 000 аэростатов; из этого видно, что такой род оружия приносил пользу для обороны.

Германия. Еще в 1916 г. в Кельне были произведены опыты по поднятию в воздух легких металлических сетей между двумя аэростатами. Эти опыты, повидимому, дали хорошие результаты, так как в Германии этот вид заграждения стал применяться.

В Германии было организовано девять отрядов АЗ. В особо угрожаемых районах, около наиболее важных для обороны заводов, стали располагаться группы АЗ (при больших ветрах применялись и воздушные змеи, поднимавшиеся на тресе до высоты 3 000 м). Аэростаты объемом 160 м³ поднимались на тросах диаметром 2—3 мм до 2 000 м.

Иногда соседние аэростаты, как и в английской системе, связывались горизонтальным тросом, а иногда были независимы друг от друга.

Почти во всем Саарском промышленном районе, как и в других важных центрах, были установлены АЗ в довольно значительном количестве.

Статистика сбрасывания бомб вскоре после установки заграждений показала, с какой тщательностью самолеты союзников избегали их.

Австрия. Для охраны портов и некоторых крепостей применялись воздушные заграждения из аэростатов незначительного объема (около 80 м³), поднимаемых на тонких тросах, диаметром 2 мм. АЗ устанавливались на расстоянии до 500 м один от другого. Два или три соседних аэростата соединялись горизонтальными тросами диаметром 2 мм, на которые подвешивались концы троса диаметром 1 мм, как в английской системе.

Это, конечно, была слабая сторона германо-австрийских воздушных заграждений, и действие их сводилось главным образом к моральному эффекту.

Для наглядного представления преимуществ и недостатков описанных выше систем данные применявшихся воздушных заграждений сведены в табл. 10.

Таблица 10

Государства	Система заграждения	Объем каждого аэростата в м ³	Число аэростатов в группе	Диаметр привязных тросов в мм	Диаметр тросов сети в мм	Высота подъема в м	Расстояние между тросами в м	Сопротивление троса на разрыв в кг	Готовность подъема
Англия	„Фартуки“ — связанные аэростаты	1 100	3	7—8	3	3 000	привязных и 500 м тросов сети	3 500	Около 2 час.
Италия	Одиночные аэростаты	210	1	2—3	—	2 500	150—250	до 650	
„	Тандем	200	2	3—4	—	3 500	300—400	„ 700	10—30 мин.
Франция	Одиночные	180	1	4	—	2 000	200—300	„ 1 100	
„	Тандем	170—180	2	3—4	—	4 000	300—400	700—1 000	
Германия	Связанные аэростаты	160	2—3	2—3	2	2 000	—	400—700	30—60 мин.
Австрия	Связанные аэростаты	80	3—4	2	1	2 500	500	до 400	
Германия	Воздушные змеи	—	1	2	—	3 000	500	—	

12. Воздушные змеи

Аппарат, называемый воздушным змеем, является наиболее простым по конструкции и наиболее дешевым из всех существующих воздушных аппаратов.

Воздушный змей, имеющий возможность подниматься на привязи в воздух, находит свое применение очень давно. Сначала подъемы их производились для развлечения, но уже в 1749 г. проф. Вильсоном впервые был произведен подъем воздушных змеев с научной целью.

Спустя три года знаменитый ученый Франклин стал применять воздушные змеи, поднимая их в грозу для доказательства электрической природы молнии.

Развитие воздушных змеев шло весьма медленно, и лишь в 1896 г. на аэрологической обсерватории близ Бостона, обслуживающей бюро погоды США, впервые была достигнута высота подъема змея в 2 000 м, а в 1900 г. — даже 4 600 м. На метеорологических станциях Германии воздушные змеи стали применяться в 1898 г.; после целого ряда неудач они получили большое развитие. В России в это же время подъемы воздушных змеев стала производить Центральная физическая лаборатория в Павловске.

Теоретические предпосылки подъема воздушного змея довольно просты.

Воздушный змей держится в воздухе потому, что его плоскости расположены под углом к потоку воздуха (ветру). И так как воздушный змей привязан к лееру (тросу, шпагату) посредством уздечки, то создается сопротивление, часть которого

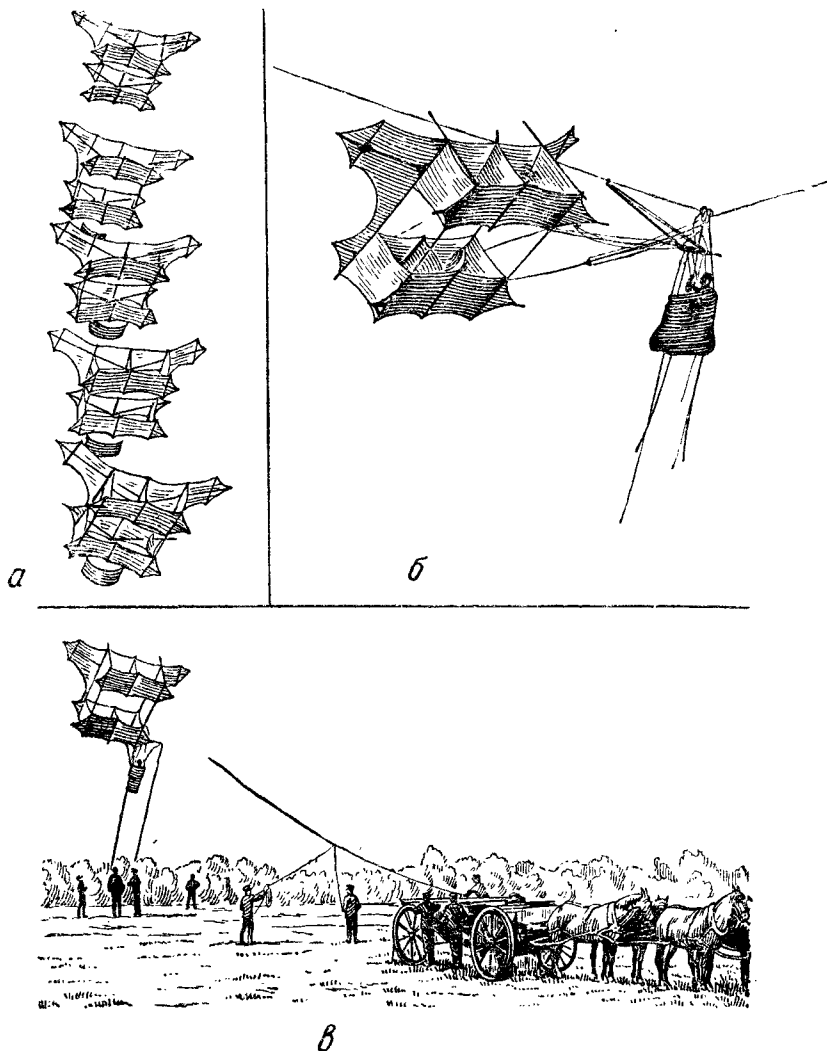


Рис. 24. Подъем французского змейкового поезда с наблюдателем:

а) система из пяти воздушных змеев, б) наблюдатель в корзине, в) подъем нижнего змея в системе от лебедки.

используется в виде подъемной силы, поднимающей вес самого воздушного змея и вес привязного леера. Подъемная сила воздушного змея находится в зависимости от силы ветра и величины несущей площадки. Нужно сказать, что полной теории

воздушного змея не существует вследствие того, что такая примитивная конструкция недоступна для точного математического анализа. Матерчатая обшивка несущих плоскостей воздушного змея не обладает неизменной формой: давление ветра деформирует ее в большей или меньшей степени, и остов змея, состоящий из деревянных реек или металлических трубок, легко прогибается или перекашивается. Отказаться от простоты в конструкции змея нельзя, так как в противном случае это увеличит вес, усложнит починку, эксплуатацию и удорожит производство.

Военное использование воздушных змеев относится только к войне 1914—1918 гг., когда они были применены и для подъема наблюдателей (Франция) и для заграждения (Германия).

В России воздушные змеи конструкции капитана Ульянина также использовались для подъема наблюдателей еще перед войной 1914—1918 гг., но во время войны не применялись.

Во Франции с начала первой мировой войны в малопересеченных местностях, как например во Фландрии, где соседство моря обеспечивало определенную регулярность ветра, применялись воздушные змеи. При ветре со скоростью от 8 до 12 м/сек, т. е. тогда, когда нельзя было поднимать сферический аэростат, поднимали воздушные змеи в количестве до десяти штук на одном тросе, ниже которых подвешивалась корзина с наблюдателем. Воздушные змеи поднимались на высоту до 500 м.

Появившиеся змейковые аэростаты наблюдения вытеснили эти довольно капризные и требующие умелого обращения, особенно при подъеме человека, воздушные аппараты. К положительным качествам воздушных змеев по сравнению с аэростатом относятся: негорючесть, негромоздкость и ненужность газа; отрицательное качество — зависимость от ветра (рис. 24).

Немцы применяли воздушные змеи во время войны 1914—1918 гг. главным образом для метеорологической службы и незначительно для службы воздушных заграждений от самолетов противника.

К 1918 г. на фронте у немцев было вполне оборудованных 17 сухопутных змейковых станций, 6 морских и 4 гражданских, работающих исключительно для метеорологической службы и принесших большую пользу.

В Германии в последние годы проводится работа с воздушными змеями, поднимаемыми на проволоке до высоты 7 000 м.

13. Дирижабли

Идея управления аэростатом родилась вместе с идеей самого аэростата. До сих пор говорилось об аэростатах неуправляемых — сферических и змейковых, в настоящем же разделе речь будет идти об управляемых аэростатах — дирижаблях.

Здесь нет возможности подробно остановиться на истории развития и применения дирижаблей, но основные моменты в развитии и применении их главным образом для военных целей будут отмечены.

В главе «Материальная часть воздухоплавательных аппаратов» особенности конструкции того или иного дирижабля будут разобраны подробно.

Здесь же укажем только на классификацию дирижаблей по системам.

Дирижабли бывают следующих систем:

- а) мягкие;
- б) полужесткие;
- в) жесткие.

Мягкая система. Обычно эти дирижабли небольших объемов — до 10 000 м³. Оболочка мягкого дирижабля, считая из материи, не имеет никаких жестких деталей, за исключением реек (деревянных или из металлических труб) в носовой части, предохраняющих ее от смятия потоком воздуха, и стабилизирующих плоскостей, к которым крепятся рули направления и высоты. Поддержание формы оболочкой достигается сообщаемым ей сверхдавлением газа или воздуха.

Одна гондола при помощи подвески крепится снизу непосредственно к оболочке.

Полужесткая система. Эти дирижабли среднего объема — до 25 000—30 000 м³.

Поддержание формы оболочки, как и у мягких дирижаблей, достигается сообщаемым ей сверхдавлением газа или воздуха.

Особенность полужесткого дирижабля состоит в том, что вдоль всей его нижней части проходит специальная металлическая ферма, называемая килем. Внутри киль имеет коридор, позволяющий проходить к крайним точкам и на верх дирижабля. Киль подвешивается к оболочке, составляя с ней одно целое. К килю крепятся гондола, моторные гондолы, носовое усиление, оперение. В нем размещаются: команда, горючее, балласт и все прочие грузы.

Воздушные баллонеты, служащие для компенсации изменения объема газа в оболочке, — необходимая принадлежность как мягкого, так и полужесткого дирижабля.

Жесткая система — дирижабли обычно большого объема — от 25 000 м³ и выше. Корпус жесткого дирижабля благодаря своей конструкции сохраняет практически неизменяемую форму независимо от сверхдавления газа и состоит из каркаса, образованного решетчатыми балочками, расположенными в этом каркасе в продольном и поперечном направлениях и расчлененными между собой стальными проволочными расчалками. Поперечные балки образуют кольца, называемые шпангоутами; продольные балки носят название стрингеров, и расположены они на одинаковом расстоянии друг от друга, благодаря чему поперечное сечение корпуса дирижабля представляет собой правильный многоугольник.

Каркас судна снаружи покрыт матерчатой оболочкой, называемой наружным покрытием, которое туго облегает каркас, сводя этим к минимуму сопротивление дирижабля и устраняя по возможности проницаемость влаги и солнечных лучей.

Первый наиболее продуманный и разработанный проект дирижабля был предложен генералом Менье. Он выразил в своем проекте основные условия управляемости аэростата: удлиненная форма оболочки, воздушный баллонет и пропеллер, приводимый в движение экипажем (рис. 25).

Уже тогда первый проект Менье предполагал дирижабль в $79\,000\text{ м}^3$ для 30 пассажиров, а второй — в $9\,000\text{ м}^3$ для 6 пассажиров.

Менье умер в 1793 г., и к постройке этих дирижаблей не приступали.

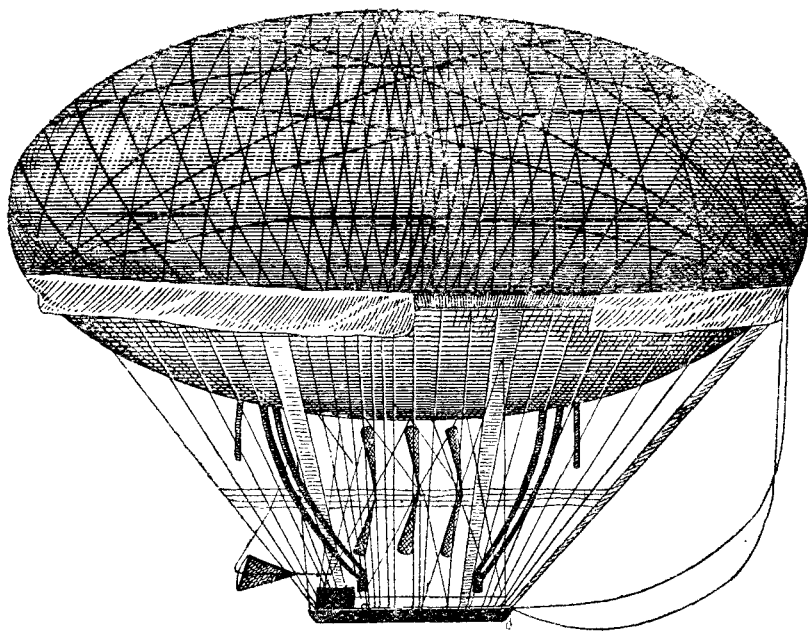


Рис. 25. Проект управляемого аэростата генерала Менье.

Анри Жиффар в 1851 г. построил для дирижабля паровую машину мощностью 3 л. с., весом 45 кг.

Первый дирижабль Жиффара, который он построил в 1852 г., имел объем $2\,500\text{ м}^3$, и 23 сентября этого же года им был совершен первый полет по направлению, перпендикулярному к направлению ветра, скорость которого была до 3 м/сек.

При спокойной погоде он мог бы пролететь со скоростью 11 км/час (рис. 26).

В 1885 г. Жиффар построил второй дирижабль объемом $3\,200\text{ м}^3$, длиной 70 м, при наибольшем диаметре 10 м, с двигателем мощностью 5 л. с.

В обоих своих дирижаблях Жиффар допустил ошибку, едва не ставшую для него роковой. Не было предусмотрено баллонета, в результате чего при выходе части газа изменялась форма

оболочки, и однажды во время приземления аэростата оболочка выскользнула из-под сетки и улетела.

Во время осады Парижа в 1870 г. французы решили для военных целей построить дирижабль, который и был построен Дюпюи де-Ломом только через два года после окончания войны.

Дюпюи де-Лом возвратился назад к двигателю, приводимому в действие силой людей; скорость этого дирижабля не превышала 2,2 м/сек, вследствие чего дирижабль даже в достаточно спокойную погоду не мог двигаться против ветра (в день испы-

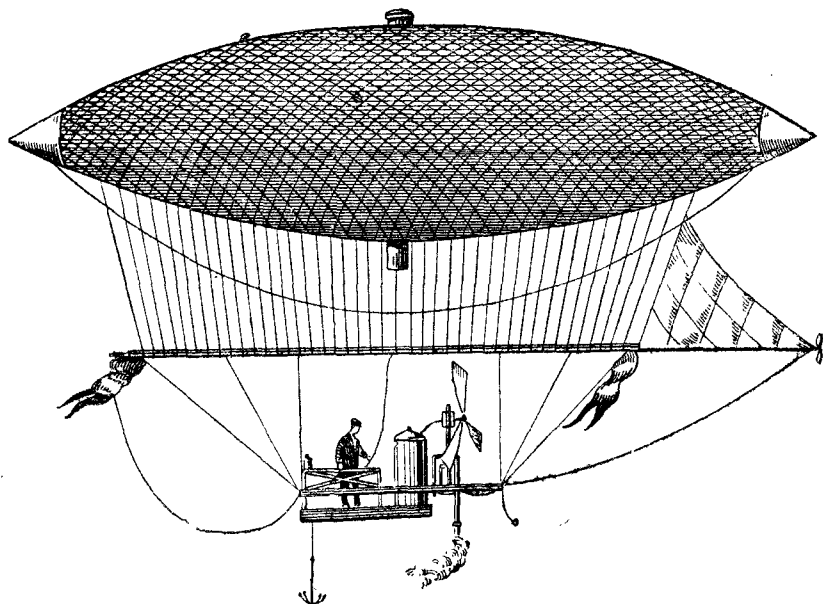


Рис. 26. Дирижабль Жиффара (1852 г.).

таний был ветер 15 м/сек), тем более что объем его был 3 450 м³ при длине 36,1 м и наибольшем диаметре 14,8 м.

Удлинение¹ оболочки было 2,5, т. е. значительно меньшее, чем у Жиффара (рис. 27).

В это же время в Австрии техник Генлейн построил дирижабль оригинальной конструкции. Оболочка его была цилиндрическая с заостренными концами. Объем дирижабля был 2 400 м³, длина 50,4 м, при наибольшем диаметре 9,2 м. Таким образом, удлинение оболочки Генлейна равнялось 5,5, как это бывает у большинства современных дирижаблей (рис. 28).

На этом дирижабле был поставлен газовый двигатель. Газ брался из оболочки, и расход его замещался воздухом, подаваемым в баллонет. Этот двигатель развивал мощность 3,6 л. с. Винт — четырехлопастный, диаметром 4,6 м. Двигатель был

¹ Удлинением дирижабля (аэростата) называется отношение его длины к наибольшему диаметру.

очень тяжел (458 кг), и дирижабль Генлейна не мог развивать большую скорость.

В 1883 г. братья Тисандье построили дирижабль объемом 1 060 м³, длиной 28 м, при наибольшем диаметре 9,2 м. На дири-

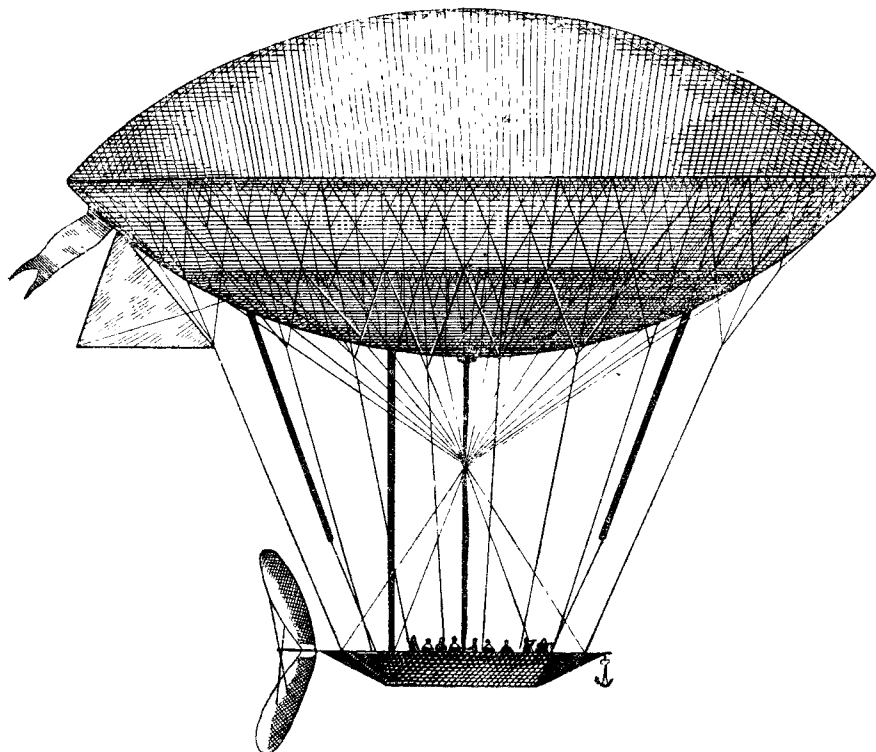


Рис. 27. Дирижабль Дюпюи де-Лома (1872 г.).

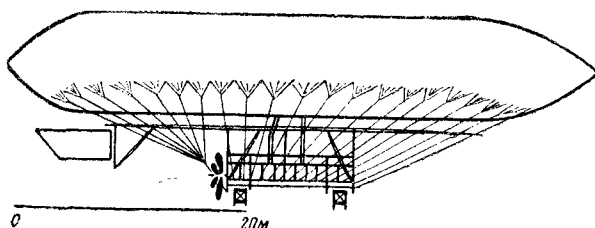


Рис. 28. Дирижабль Генлейна.

жабле был поставлен электрический двигатель, получающий энергию от аккумуляторных батарей.

Собственная скорость этого дирижабля была 11 км/час, и при полете 26 ноября в теченис 2 часов им было пройдено по воздуху около 25 км.

В 1884 г. Ренаром был построен в военном парке в Медоне дирижабль «La France» с электрическим двигателем.

Объем этого дирижабля был 1864 м^3 , длина оболочки $50,4 \text{ м}$, при наибольшем диаметре $8,4 \text{ м}$, что дает удлинение, равное 6.

Его оболочка имела несимметричную форму и представляла собой тело вращения двух парабол. Она была сшита из шелка, пропитанного составом, уменьшающим газопроницаемость, и на две трети была покрыта непропитанным шелковым чехлом, к которому подвешивалась гондола. Баллонет имел объем 438 м^3 , т. е. около 25% от объема оболочки, был разделен перегородками на три части, для того чтобы уменьшить переливание воздуха при дифферентах дирижабля.

Гондола длиной 32 м была сделана из бамбука и обтянута шелком. Эта гондола выполняла также роль балки-фермы, распределяющей равномерно нагрузку по оболочке (рис. 29).

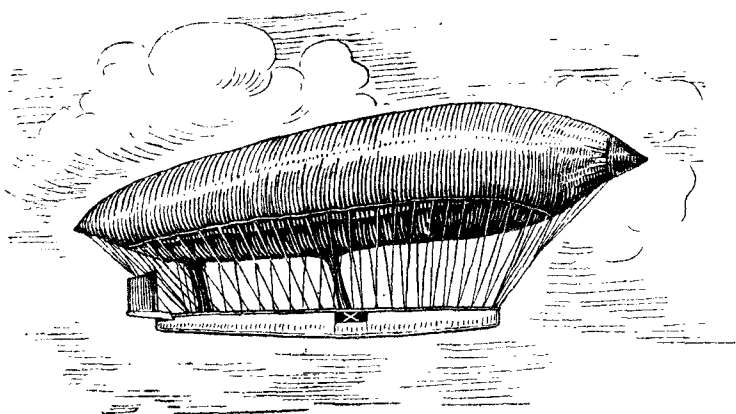


Рис. 29. Дирижабль Ренара и Кребса.

Дирижабль Ренара, обладая двигателем мощностью до 9 л. с. , при весе его в 96 кг и весе аккумуляторных батарей 400 кг , 9 августа 1884 г. при первом полете развил скорость $5,5 \text{ м/сек}$, т. е. 20 км/час , которая вскоре, благодаря некоторым несправкам, была доведена до $6,5 \text{ м/сек}$.

Это был первый военный дирижабль, но скорость его была недостаточна, так как количество дней в году со скоростью ветра менее $6,5 \text{ м/сек}$ было очень небольшое, и дирижабль должен был большей частью находиться в эллинге.

Задачу повышения скорости полета дирижабля до $12—15 \text{ м/сек}$ удалось разрешить только с появлением более совершенного бензинового мотора.

Не останавливаясь на всей массе конструкций дирижаблей, построенных в течение более чем 10 лет, дадим лишь краткое описание дирижабля Шварца с цельнометаллической оболочкой.

Оболочка дирижабля объемом 3697 м^3 имела форму эллиптического цилиндра с коническим носом. Общая длина оболочки

равнялась 47,5 м, вертикальный диаметр — 14 м и горизонтальный — 12 м. Оболочка была сделана из алюминиевых листов толщиной 0,2 мм. Гондола была сделана также из алюминиевых балок и имела жесткое соединение с корпусом дирижабля. В гондоле был установлен бензиновый двигатель в 12 л. с., приводивший в движение четыре винта (рис. 30).

Дирижабль был перетяжелен и, обладая очень малой подъемной силой, мог поднимать лишь одного человека и очень мало балласта. При первом полете дирижабля, 3 ноября 1897 г., при

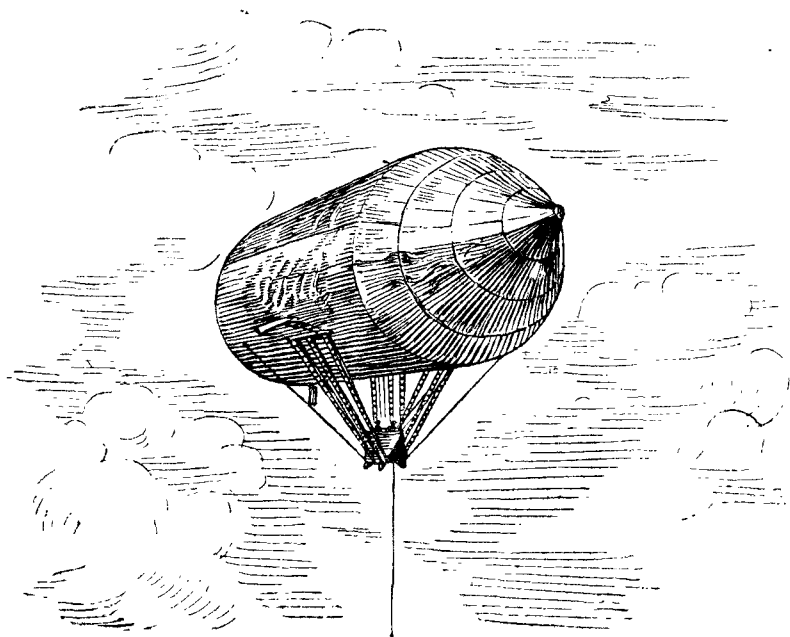


Рис. 30. Дирижабль Швагца.

выпуске газа через клапан дирижабль стремительно пошел к земле и потерпел аварию (сломался). Новый такой дирижабль германское военное ведомство строить не решилось.

Здесь же необходимо отметить проект цельнометаллического дирижабля известного русского изобретателя-самоучки К. Э. Циолковского, опубликованный в 1896 г.

По идее Циолковского, дирижабль должен был иметь внушительные размеры: длину 210 м, диаметр 25,4 м, объем 71 384 м³, что давало возможность поднимать десятки пассажиров и сотни килограммов груза. По проекту скорость дирижабля должна была быть 12 м/сек, т. е. 43 км/час.

Спустя несколько лет, в 1900 г., конструкцию жесткого дирижабля удалось осуществить в Германии.

Цепелином был построен дирижабль объемом 11 300 м³ с металлическим каркасом, имеющим форму 24-гранной правильной призмы с заостренными концами. Длина дирижабля равнялась

128 м, диаметр — 11,6 м, что дает удлинение 11. Внутри каркас был разделен на 17 отсеков (камер), в каждом из которых находился газовый баллон. На дирижабле в двух гондолах было установлено по одному двигателю в 16 л. с. каждый.

В июле 1900 г. дирижабль «Цеппелин № 1» совершил три полета, во время которых развивал скорость до 7 м/сек. После трех полетов дирижабль был разобран, так как в каркасе получились прогибы.

Для развития управляемого воздухоплавания многое сделал бразилец Сантос-Дюмон, который с 1898 по 1903 г. построил 14 дирижаблей малых объемов. Здесь важно отметить не конструктивные достижения самих дирижаблей, а опыты по применению различных форм оболочек с точки зрения аэродинамики и, главное, по улучшению двигателей, так как, строя дирижабли, весьма малые по объему, Сантос-Дюмон, естественно, предъявлял требования на наиболее легкие моторы и сумел получить их

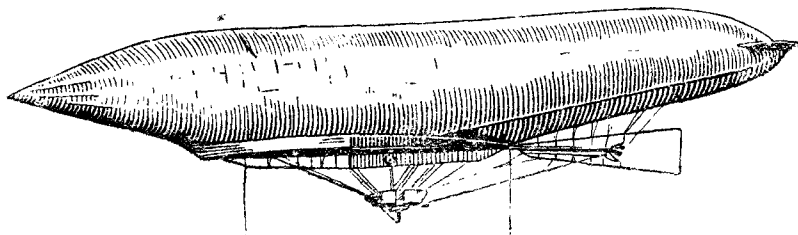


Рис. 31. Дирижабль „Лебоди“.

с удельным весом до 4 кг, что в то время являлось большим достижением.

Во Франции в 1902 г. был построен полужесткий дирижабль «Лебоди» объемом 2 284 м³. Длина оболочки равнялась 58 м, наибольший диаметр — 9,8 м, что дает удлинение 5,6.

Оболочка представляла собой тело вращения и имела веретенообразную форму. Нижняя часть оболочки была срезана горизонтальной плоскостью, и по форме этого сечения была сделана жесткая металлическая платформа, непосредственно соединенная с оболочкой. К ферме была подвешена гондола, в которой находился мотор с водяным охлаждением мощностью 40 л. с. Расход бензина равнялся 14 кг/час. По бокам гондолы были расположены два стальных двухлопастных винта диаметром 2,44 м. Свободная подъемная сила¹ дирижабля была более 1 000 кг. Полезная нагрузка распределялась следующим образом: четыре человека экипажа — 300 кг, бензин для 15-часового полета — 210 кг, балласт — более 500 кг (рис. 31).

Дирижабль «Лебоди» в течение 1902—1903 гг. совершил много полетов, причем продолжительность их была уже до 3 часов,

¹ Свободной подъемной силой называется разность между полной подъемной силой аэростата и его мертвым весом, т. е. весом оболочки, гондолы, двигателей, оборудования и т. п.

со скоростью 40 км/час, или около 11 м/сек. Наибольшая высота полета дирижабля «Лебоди» была 1100 м. Это значит, что такой дирижабль мог совершать полеты в большую часть года; он до некоторой степени удовлетворял практическим целям и приближался к современным управляемым аэростатам (дирижаблям).

Уже к 1905 г. французское военное министерство признало дирижабль «Лебоди» пригодным для военных целей и приобрело его, передав в воздухоплавательный парк Шале-Медон, где он служил для обучения команд и для различного рода опытов. Вместе с этим был заказан еще дирижабль такого же типа.

В последующие годы во Франции происходило дальнейшее усовершенствование дирижаблей системы «Лебоди». Были увеличены воздушные баллонеты, что позволило увеличить потолок

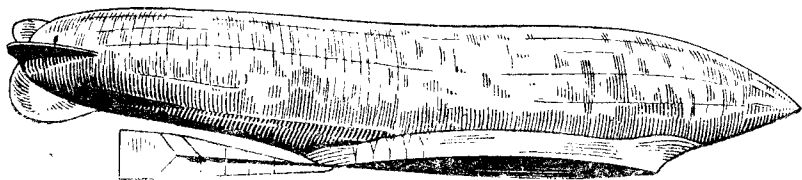


Рис. 32. Дирижабль «Лебедь».

дирижабля и при увеличении объема — увеличить продолжительность полета.

Кроме «Лебоди», образовавшиеся во Франции в 1908 г. акционерные компании «Астра» и «Зодиак» стали строить мягкие дирижабли объемом до 3500 м³, с потолком 1500 м, скоростью полета до 50 км/час и продолжительностью пребывания в воздухе до 5—6 часов.

Дирижабли этих фирм у французов закупали Англия, Бельгия, Испания и Россия; последняя в 1909 г. купила у «Лебоди» дирижабль, названный «Лебедь», у компании «Астра» — мягкий дирижабль «Клеман Боярд», которые успешно работали в воздухоплавательных частях (рис. 32).

В Германии в это же время усиленно стали развиваться жесткие дирижабли цеппелиновского типа. Уже в 1905 г. был построен «Цеппелин № 2», который вскоре погиб, не выявив своих качеств. Вслед за ним был построен «Цеппелин № 3». Первый полет в октябре 1906 г. показал хорошие качества дирижабля. При объеме 11430 м³ он имел длину 128 м, диаметр 11,7 м. На высоте 800 м он развивал скорость 12—14 м/сек. На дирижабле были установлены два мотора по 85 л. с. При полете в течение 2 час. 17 мин. дирижабль пролетел 110 км. На борту дирижабля находилось 11 человек.

В 1907 г. «Цеппелин № 3» произвел ряд замечательных для того времени полетов. Продолжительность их доходила до 7 часов. Несмотря на целый ряд аварий и катастроф, развитие цеппелинов продолжалось. В 1908 г. германское военное ведомство

приобрело один из цеппелинов «Z-I», который совершил ряд полетов продолжительностью до 12 часов и дальностью до 700 км, достигая высоты 1 850 м над уровнем моря (рис. 33.)

Вслед за дирижаблем «Z-I» был построен и приобретен военным ведомством дирижабль «Z-II», принимавший участие в войсковых маневрах, после которых вскоре случайно погиб.

Развитие жестких дирижаблей в Германии и приобретение их военным ведомством происходили и в дальнейшем, особенно во время подготовки к мировой войне 1914—1918 гг. Не менее значительных успехов достигла Германия в постройке мягких и полужестких дирижаблей.

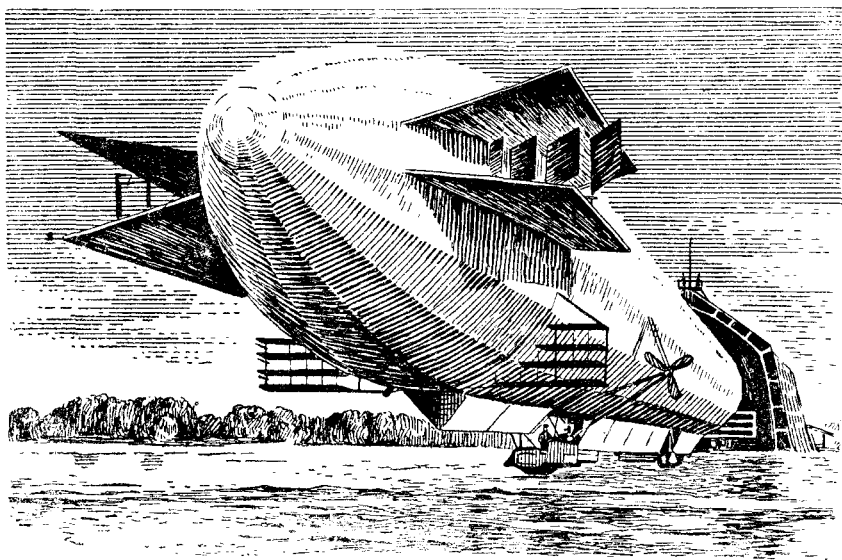


Рис. 33. Дирижабль „Z-I“ перед вводом в элинг.

Еще в 1905 г. немецкий конструктор змейкового аэростата Парсеваль начал заниматься постройкой мягкого управляемого аэростата (дирижабля).

Дирижабль Парсевалья («Р-II») приобрело военное ведомство, и он в дальнейшем неоднократно принимал участие в маневрах армии. Дирижабль такой системы легко разбирался и для перевозки в сложенном виде требовал всего двух повозок.

Форма дирижабля «Р-II», как видно из рис. 34, слегка коническая в корме и полушаровая в носовой части. Длина этого дирижабля — 58 м, наибольший диаметр — 9,3 м, объем — 3 200 м³, мотор — мощностью 100 л. с., запас бензина — на 12 часов полета, экипаж — 5—6 человек. Скорость полета дирижабля «Р-II» доходила до 12 м/сек.

В дальнейшем по заказам германского, русского, австрийского и английского правительств в Германии был построен еще целый ряд дирижаблей Парсевалья объемами до 6 700 м³.

В Германии же с 1907 по 1911 г. было построено несколько полужестких дирижаблей Гросса, которые строились только для военного ведомства. Продолжительность полета дирижабля Гросса «М-II» доходила до 17 часов при дальности более 500 км.

Дирижабль «М-III» той же системы объемом 6 500 м³ развивал скорость до 16 м/сек¹.

В течение 1909—1910 гг. в Германии появилось много дирижаблей разных систем, на которых останавливаться не будем, а упомянем лишь о постройке в 1910 г. дирижабля жесткой системы «Шютте-Ланц» объемом 19 500 м³, с деревянным каркасом и со скоростью полета почти 20 м/сек. После постройки этот дирижабль сразу же был передан военному ведомству.

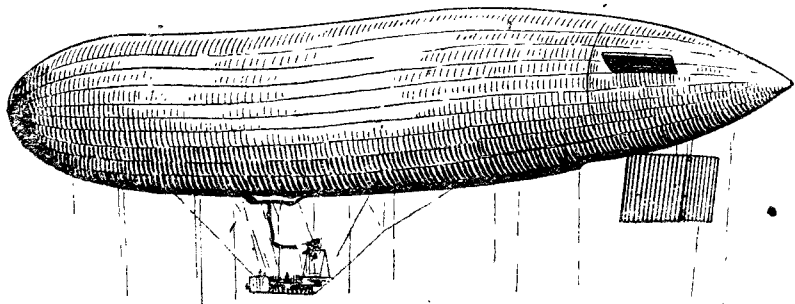


Рис. 34. Дирижабль „Парсеваль“.

В Италии с 1907 г. военное ведомство стало само строить дирижабли, имея в своем распоряжении мастерские и квалифицированные кадры проектировщиков. В Италии стали строить полужесткие дирижабли, давая им наименование «Р-1», «Р-2» и т. д. Дирижабль «Р-1», построенный в 1908 г., обладал следующими данными: объем — 4 200 м³ (семь газовых камер), длина — 50 м, наибольший диаметр — 11,6 м, мощность мотора — 100 л. с., потолок — 1 600 м, горючего — на 7 часов при скорости 52 км/час. К 1911 г. были построены дирижабли «Р-2» и «Р-3» с улучшенными качествами по сравнению с «Р-1».

В итало-турецкую войну 1912 г. эти три дирижабля впервые получили боевое использование, совершив ряд полетов для разведки и бомбардировки.

Для характеристики работы этих дирижаблей приведем несколько цифр.

«Р-1» в 1912 г. совершил 50 полетов, было пройдено 4 200 км за 75 часов.

«Р-2» в 1912 г. совершил 70 полетов, было пройдено 6 000 км за 105 часов.

«Р-3» в 1912 г. совершил 60 полетов, было пройдено 5 000 км за 90 часов.

¹ Перевод м/сек в км/час и наоборот весьма прост. Для этого в первом случае нужно цифру, выражающую м/сек, помножить на 3,6. При переводе км/час в м/сек число километров делится на 3,6.

Были выпущены копии таких дирижаблей — «Р-4» и «Р-5» — с увеличенным до 4 700 м³ объемом и мощностью моторов до 160 л. с., что увеличило скорость до 65 км/час (рис. 35). «Р-5»

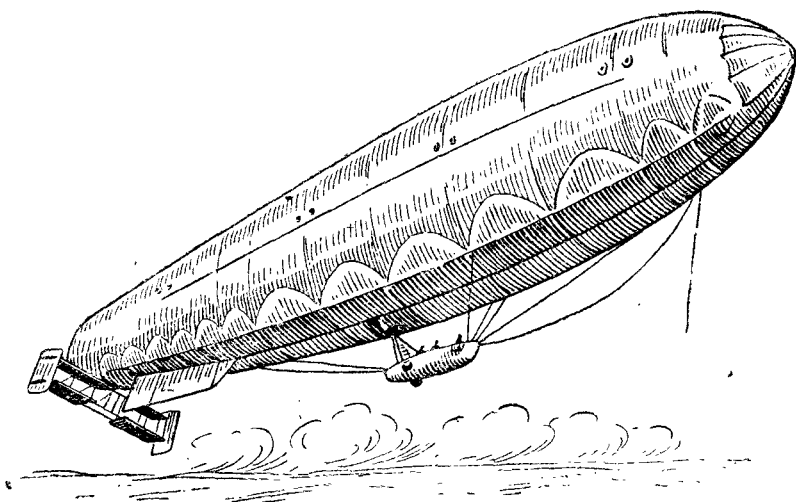


Рис. 35. Итальянский армейский дирижабль „Р-5“.

имел продолжительность полета 15 часов с дальностью 800 км. Наибольшая высота, достигаемая этими дирижаблями, была 2 400 м.

В 1912 г. военное ведомство Италии выпустило дирижабль предыдущего типа, но уже с более резким увеличением объема,

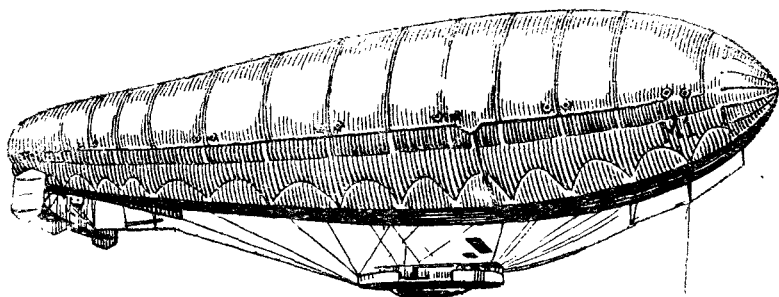


Рис. 36. Итальянский морской дирижабль „М-1“.

а именно до 12 000 м³. Этот дирижабль с названием «М-1» к концу 1912 г. поступил в ведение морского министерства. В этом дирижабле с увеличением грузоподъемности увеличилась мощность, а вместе с ней и скорость до 70 км/час. Гондола была приспособлена для посадки на воду (рис. 36). Данные дирижабля «М-1» следующие: длина — 83 м, диаметр — 17 м, мощность двух

моторов — по 500 л. с., запас горючего — на 8 часов при скорости 70 км/час, потолок — 3 000 м.

К 1913 г. были выпущены дирижабли «М-2» и «М-3» с такими же данными, как и «М-1».

В России было несколько мягких дирижаблей своей постройки и несколько дирижаблей, купленных во Франции и Германии, находившихся в ведении военного ведомства; использовались они для учебных целей.

Из дирижаблей русской конструкции и постройки необходимо упомянуть о «Кречете». Он был полужесткой системы, напоминающей дирижабль «Лебеди». В 1910 г. в России были закончены постройкой еще два дирижабля — «Голубь» и «Ястреб». Эти дирижабли по своим качествам не уступали французским и немецким.

К 1911 г. Россия вместе с купленными имела в армии всего восемь дирижаблей. В период 1911—1914 гг. было построено еще несколько дирижаблей, из которых «Альбатрос» был объемом 9 500 м³, имел скорость до 60 км/час и потолок до 2 000 м. До начала войны 1914—1918 гг. были заказаны еще два дирижабля объемами до 20 000 м³, из которых один — «Гигант» — был построен на Балтийском заводе, но при первом полете по случайным причинам потерпел аварию и восстановлен не был.

Англия имела несколько купленных мягких дирижаблей, но в период войны 1914—1918 гг. развила свое дирижаблестроение.

Таким образом, становится ясным, с дирижаблями какого качества пришли основные страны к началу империалистической войны 1914—1918 гг.

Рост количества и качества дирижаблей в течение мировой империалистической войны был весьма значительным, и дирижабли использовались в военных операциях достаточно широко и разносторонне.

Чтобы ясно представить способность дирижабля к выполнению операций на суше и на море и суммировать опыт их боевой работы, воспользуемся методом, который мы приняли при рассмотрении вопросов применения привязных аэростатов по отдельным странам в период войны 1914—1918 гг.

Германия. Развитие главным образом жестких дирижаблей больших объемов предопределило и применение их Германией для бомбардировочных операций и для дальней сухопутной и морской разведки.

При мобилизации в распоряжении главного командования остались пять цеппелинов на западном фронте и три на восточном. Все дирижабли были расположены в местах, где имелись эллинги. Эллинговое и газовое хозяйство в Германии было весьма развито. Всего в начале войны 1914—1918 гг. Германия имела до 20 готовых и 8 строящихся железных, железобетонных и деревянных эллингов (рис. 37).

Начата была постройка части эллингов с поворотным приспособлением для ориентирования их по ветру, что облегчало наиболее трудную операцию по выводу дирижабля при боковом

ветре, но за отсутствием времени работа была приостановлена.

Как уже указывалось, дирижабли находились в непосредственном подчинении главного командования и только иногда придавались фронтам или армиям. Задачи, поставленные дирижаблям, заключались в производстве дневных и ночных полетов для глубокой разведки и бомбардирования важных объектов, находящихся в тылу противника.

В начале войны 1914—1918 гг., когда зенитные средства обороны не были еще развиты, начались разведывательные полеты

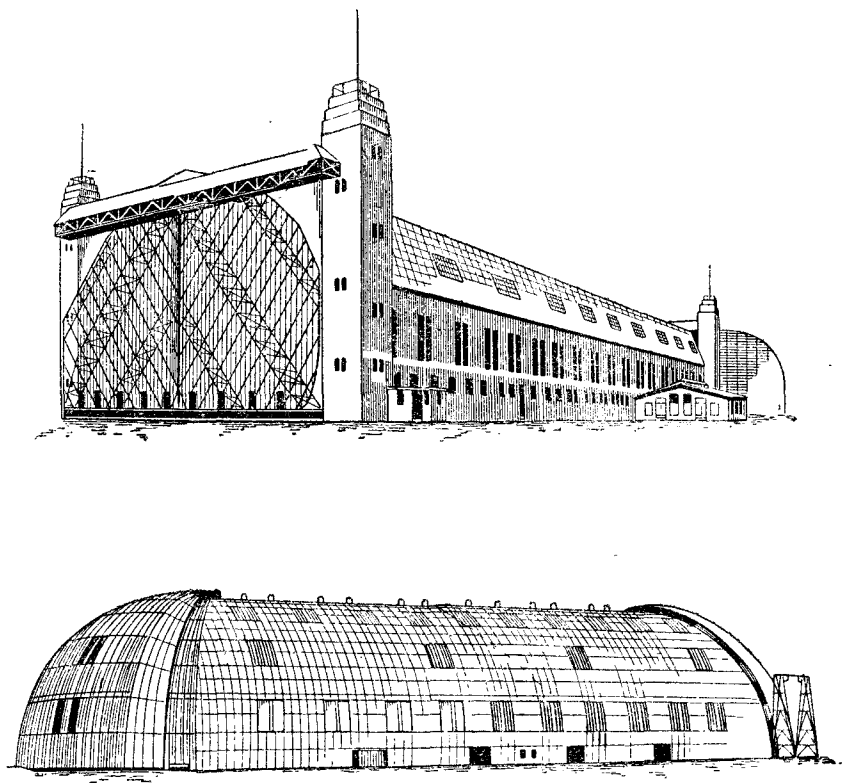


Рис. 37. Немецкие эллипсы в Гамбурге (верхний) и в Дрездене (нижний)

цеппелинов, особенно на русском фронте, и полеты их с целью бомбардирования военных и других важных объектов.

Уже 1914 год показал, что дирижабли должны иметь большую высоту полета днем и что применение дирижаблей ночью обещает больший успех (на западном фронте союзники сбили три немецких дирижабля днем).

Началась лихорадочная постройка более усовершенствованных дирижаблей со специальным вооружением: два пулемета в гондоле и один или два — в верхней части корабля (рис. 38).

Приведенный на рис. 38 дирижабль был передан в морское ведомство в середине 1915 г. Объем его — 31 900 м³, полезная нагрузка — 16 200 кг, скорость — 96 км/час, потолок — до 3 000 м.

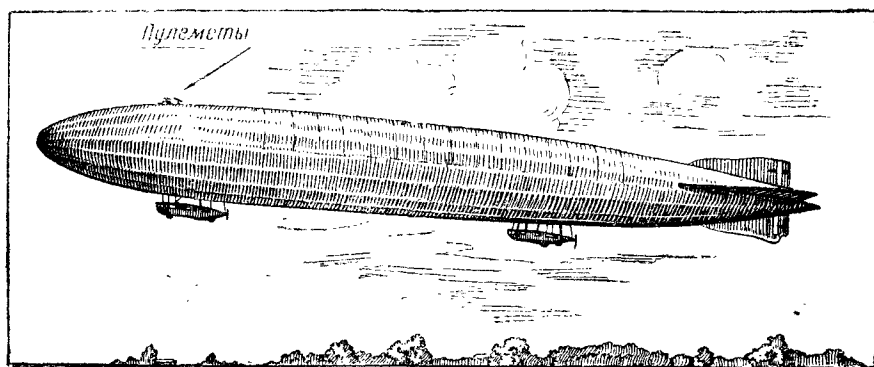


Рис. 38. Немецкий дирижабль „L-13“ (1915 г.). В верхней части видны два пулемета.

Боевая нагрузка состояла из бомб весом 50, 100, 150, а позднее 300 кг.

Со стороны германского командования была попытка применить дирижабли в боевых операциях на суше — под Верденом. Для бомбардировки как самой крепости, так и идущих к ней железнодорожных линий и станций было назначено семь дирижаблей. Среди этих дирижаблей один был из новых, поднимающийся на высоту 4 000 м, что позволяло ему выходить из сферы артиллерийского обстрела и подниматься выше потолка истребителей того времени.

Результаты полетов дирижаблей были незначительны, но потери их были велики, так как дирижабли вылетали в любую погоду — при сильном ветре, снеговой метели, при полнолунии.

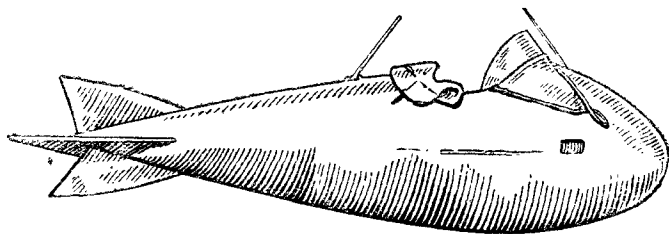


Рис. 39. Наблюдательная спускающаяся гондола.

Немцы при разведках с дирижабля, выбирая облачную погоду, стали применять наблюдательную гондолу, спускающуюся до 900 м ниже дирижабля, находящегося в облаках (рис. 39). Наблюдательная гондола была связана с дирижаблем телефоном.

В начале 1915 г. немцами был предпринят налет тремя дирижаблями на Париж, который не соблюдал светомаскировки. Два

дирижабля причинили Парижу значительный урон. Один из дирижаблей («SL-2») при пролете линии фронта получил серьезные повреждения и вынужден был вернуться обратно. Второй («Z-X») при возвращении после бомбардировки Парижа также был сильно поврежден и сделал вынужденную посадку.

Лондон впервые был атакован одним немецким дирижаблем 31 мая 1915 г. Другие пункты Англии также подвергались налетам цеппелинов.

До конца 1915 г. Англия подвергалась 20 бомбардировкам с немецких дирижаблей, в них участвовало 37 кораблей, и из этих 20 налетов четыре были произведены на Лондон. Один дирижабль («LZ-35») был сбит. Англичане в ответ на бомбардировку Лондона произвели ряд налетов на немецкие эллинги, в результате чего был разрушен один дирижабль.

Налеты дирижаблей на жизненные центры противника, кроме потерь в людях, а иногда и значительного материального ущерба, требовали для обороны значительных средств — зенитной артиллерии, авиации, личного состава.

Усиление авиации Франции и Англии базами, близко расположенными к фронту, вынудило немцев перенести стоянки дирижаблей глубже в тыл. Это сильно увеличило расстояние до целей и тем самым затруднило полеты дирижаблей имеющейся грузоподъемности, возможные при особо благоприятной погоде.

Заводы Цеппелина начали строить дирижабли объемом 55 200 м³, со скоростью полета до 100 км/час и с потолком до 5 000 м. Полезный груз такого дирижабля был до 32 000 кг.

На Балканах, в Ямболи, был выстроен эллинг, где находился дирижабль Шюте-Ланца («SL-10»), который за первые годы войны был значительно усовершенствован. Отсюда он выполнял разведку над Черным морем, но после одного налета на Севастополь обратно не вернулся.

Укажем на два случая, происшедшие с дирижаблями «L-13» и «L-15», которые при налете на Англию были поражены снарядами. «L-13», получив пробоину, в результате чего вышел газ из баллона одного отсека, благополучно вернулся в свою базу, а «L-15», у которого снарядом были разрушены баллоны в трех отсеках, несмотря на то, что с дирижабля было сброшено все, что возможно было сбросить, включая пулеметы, не мог долететь в свою базу и упал в море. Экипаж, за исключением одного человека, был спасен. Здесь следует отметить, что парашютами экипажи дирижаблей были снабжены только в 1916 г.

Улучшение противовоздушной обороны к концу 1916 г. сильно понизило результаты работы дирижаблей.

Попытка немцев применить при налетах на Англию дирижабли в большом количестве, как например 2 сентября 1916 г., когда из Германии вылетело 16 дирижаблей, не дала хороших результатов, так как эффект от этого был очень незначительный. Из 14 дирижаблей, достигших английских берегов, три вернулись обратно, девять дирижаблей залетели в глубь Англии, но

Не дошли до цели, и только два дирижабля долетели до объекта бомбардировки. Один дирижабль («SL-11») был зажжен и погиб.

Во всех дальнейших налетах была также значительная убыль в дирижаблях от зенитной артиллерии и истребительной авиации англичан.

11 сентября 1916 г. из 11 немецких дирижаблей, участвовавших в налете на Англию, один был сбит артиллерией и погиб, другой совершил вынужденную посадку на английскую территорию и, почти не поврежденный, попал в руки англичан.

К 1917 г. в Германии было проведено сокращение армейского воздухоплавания, и лучшие дирижабли были переданы морскому флоту. Служба дирижаблей в сухопутной армии в июне 1917 г. была окончательно ликвидирована.

Служба дирижаблей в морском флоте настолько важна и разнообразна, что здесь нужно отметить основные морские операции, в которых немцами были использованы дирижабли. Кроме разведывательной работы на море, дирижабли несли дозор в определенных районах моря с целью наблюдения за военными кораблями противника и за торговым судоходством, несли службу охраны побережья, обеспечивали постановку мин и тральные работы, вели наблюдение и борьбу с подводными лодками. До 1917 г. неоднократно немецкие морские дирижабли привлекались к выполнению бомбардировочных операций по тылам Англии, Франции, Бельгии, России, Румынии и Италии.

С 1917 г. все бомбардировочные операции производились исключительно морскими дирижаблями. Над сушей дирижаблями за всю войну 1914—1918 гг. было произведено 258 полетов, тогда как морскими дирижаблями только за один 1918 г. было произведено 650 полетов.

Дирижабль «L-7», который до этого уже два раза вступал в бой с крейсерами англичан, в морском бою 4 мая 1915 г. севернее Холс-Рифа был сильно поврежден артиллерийским огнем и после вынужденной посадки на воду был уничтожен английской подводной лодкой «E-31».

В ноябре 1917 г. дирижаблем «L-59» был выполнен замечательный полет в Африку для переброски окруженному немецкому отряду оружия, снарядов и медикаментов (всего 14 т). Путь дирижабля пролегал через Эгейское и Средиземное моря, через Каир, р. Нил в глубь Африки. Не долетев немного до места назначения, дирижабль обманым образом по радио был отозван противником обратно. Этот перелет происходил при чрезвычайно плохих метеорологических условиях и закончился благополучно. Полет дирижабля продолжался 95 часов со средней скоростью около 70 км/час; дирижабль пролетел всего 6 757 км.

Не менее замечательный полет по продолжительности был проведен дирижаблем «LZ-120», который в июне 1917 г. пробыл в воздухе 101 час, пролетев 6 105 км.

Вооружение на дирижаблях было усилено. В верхней части

дирижабля, на носу и корме стали ставить до четырех пулеметов и столько же пулеметов в гондолах.

Этим объясняется и то, что немецкие дирижабли неоднократно отбивались от неприятельских самолетов. Так, дирижабль «L-64» при полете 2 августа 1918 г. был атакован шестью английскими самолетами и сумел от них отбиться.

Потери дирижаблей происходили не только от непосредственного воздействия противника, но и от метеорологических причин. Так, например, с 19 на 20 октября 1917 г. при налете на Англию из 11 немецких дирижаблей было потеряно четыре: «L-44», «L-45», «L-49» и L-50». После этого налета на обратном пути их захватил сильнейший шторм с ветром на высоте до 130 км/час; шторм загнал дирижабли на территорию Франции, на которой они и погибли при различных обстоятельствах. «L-44» был зажжен на высоте 4 000 м французским истребителем и упал около Шеневьера. «L-45» был вынужден сделать посадку из-за нехватки горючего, причем экипаж сжег дирижабль и попал в плен к французам. «L-49» был сильно обстрелян артиллерией и истребителями; спустившись, он был захвачен французами; «L-50» опустился на территории французов. Увидев дирижабль «L-49», командир дирижабля «L-50» подумал, что находится на территории Германии, но, рассмотрев рядом с ним французские самолеты, снова поднялся и попытался сесть в нескольких милях от «L-49». Во время этой посадки он сильно ударился о землю, и одна из гондол оторвалась. Облегченный таким образом дирижабль взмыл в воздух. Командир и 15 человек экипажа спаслись с парашютами, а дирижабль с оставшимися на нем четырьмя членами экипажа был унесен в Средиземное море, где все погибли.

Дирижабль «L-55» был поврежден артиллерийским огнем, но, долетев до Германии, совершил вынужденную посадку; впоследствии он был разобран. Остальные шесть дирижаблей вернулись в свои базы.

Потери морских дирижаблей происходили и от налетов самолетов противника. Так, в июле 1918 г. в один день сразу были уничтожены два дирижабля — «L-54» и «L-60», находившиеся в эллинге.

Здесь же нужно отметить потерю четырех дирижаблей 5 января 1918 г. при взрыве в Альгорне, во время которого были уничтожены и эллинги.

С конца 1917 г. основной задачей морских дирижаблей являлась разведка, в которой они весьма преуспевали, и заметно сократилось использование дирижаблей для бомбардировочных налетов.

Приведенная на стр. 84 табл. 11 показывает использование морских дирижаблей Германии в войну 1914—1918 гг.

Улучшилось вооружение дирижаблей и их радиооборудование, которое для разведывательных дирижаблей имеет решающее значение. Продолжительность каждого разведывательного полета в среднем составляла 16—24 часа. Продолжительность боевого полета — от 20 до 30 часов.

Таблица 11

Год	Разведывательные полеты		Нападение на территорию противника		Итого
	Северное море	Балтийское море	Северное море	Балтийское море	
1914	45	14	—	—	59
1915	338	51	28	2	419
1916	234	62	81	26	402
1917	205	76+85 (сухопутных дирижаблей)	33	13	412
1918	106	17	17	—	140
Всего . .	928	305	159	41	1 433

Армия и морской флот Германии получили от промышленности 123 дирижабля, из них в морской флот было передано 73.

В морском флоте вышло из строя 65 дирижаблей, или 89%, из них:

от воздействия противника	23 ¹ , или 35,5 ⁰ / ₀
„ неблагоприятной погоды	13 „ 20,0 ⁰ / ₀
„ огня в эллингах	12 „ 18,4 ⁰ / ₀
„ молнии	4 „ 6,2 ⁰ / ₀
„ невыясненных причин	1 „ 1,5 ⁰ / ₀
разобрано по техническим причинам	12 ² „ 18,4 ⁰ / ₀
потери в личном составе	536 человек

В армии было 50 дирижаблей. Вышло из строя 45, что составляет 90%, из них:

от воздействия противника	17, или 37,8 ⁰ / ₀
вследствие несчастных случаев	6 „ 13,3 ⁰ / ₀
сгорели в эллинге	1 „ 2,2 ⁰ / ₀
от бури в море	1 „ 2,2 ⁰ / ₀
не вернулись из полета	1 „ 2,2 ⁰ / ₀
разобрано по техническим причинам	19 „ 42,3 ⁰ / ₀
потери в личном составе	73 человека

Двенадцать дирижаблей были разобраны, и часть из них немцы уничтожили после Версальского договора. Пять дирижаблей немцам пришлось передать Франции и Италии и по одному разобранному дирижаблю — Бельгии и Японии.

Из приведенных цифр видно, что потери дирижаблей не являются чрезмерными, так как от воздействия противника было только 23 морских и 17 армейских дирижаблей, в то время как авиация несла потери до 200% и в аппаратах и в людях.

¹ Из них 12 сбиты самолетами и 11 — артиллерией.

² Сюда вошли дирижабли, выбывшие из строя вследствие износа и устаревшие по конструкции.

Часть работы, проделанная морскими дирижаблями за время войны 1914—1918 гг., характеризуется следующими цифрами:

разведка и охрана немецких бухт (по 3—6 дирижаблей)	317 полетов
разведка в интересах флота на походе (по 3—10 дирижаблей)	12 „
участие в боевых столкновениях	63 полета
налеты на Англию (группы до 12 дирижаблей)	60 полетов

Всего 452 полета

Кроме того, на Балтийском море было проведено более 300 разведывательных полетов и 41 налет на Россию.

Армейскими дирижаблями были проведены:

а) на западном фронте — 126 вылетов для бомбардировки (из них успешных 56, или 44,4%);

б) на восточном фронте — 160 вылетов, разведывательных — 85 и для бомбардировки — 75 (из них успешных 131, или 81,8%);

в) на юго-восточном фронте — 31 вылет для бомбардировки (из них успешных 17, или 54,8%).

В 111 бомбардировочных налетах немецких дирижаблей было сброшено 164 203 кг бомб, из них:

в России	60 322 кг
„ Бельгии и во Франции	44 686 „
„ Англии	36 589 „

Франция. В момент начала войны 1914—1918 гг. французская армия располагала только мягкими тихоходными дирижаблями, в большей части устаревшими и имеющими малый потолок.

Всего исправных было семь дирижаблей объемом от 5 000 до 9 500 м³, из которых для военных целей можно было использовать только четыре.

Эллингов в разных районах страны имелось до 25. Из них до десятка было металлических, легко разбирающихся; впоследствии были приняты эллинги из дерева, обтянутые материей (рис. 40).

Эллинги, показанные на рисунке справа, несмотря на их значительные размеры, довольно легко разбираются и перевозятся.

Таким образом, Франция вступила в первую мировую империалистическую войну, имея всего лишь четыре дирижабля, из которых один вскоре был принят по ошибке за немецкий и самими же французами уничтожен.

Остальные дирижабли совершили целый ряд полетов с целью разведки и бомбометания, главным образом ночью, и, несмотря на частые попадания в них осколков снарядов и пуль противника, всегда возвращались на свою территорию.

В 1915 г. французами было построено еще несколько дирижаблей, переданных в армию, на которых до конца 1916 г. было произведено более 100 полетов (для разведки и бомбометания).

После значительных потерь дирижаблей, приданных сухопут-

ной армии, оставшиеся были переданы в морской флот, где и нашли большое применение.

В начале 1916 г. во Франции были организованы морские дирижабельные базы, в которых было пять небольших английских

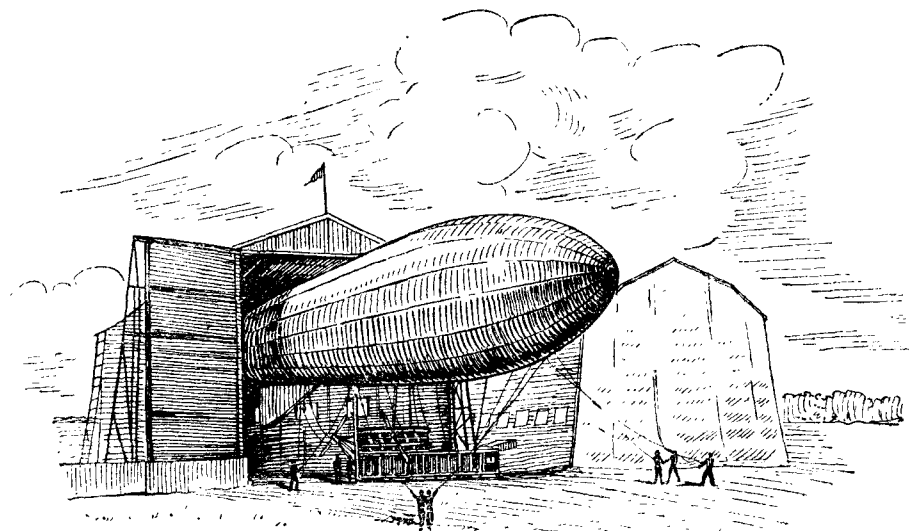


Рис. 40. Французский деревянный эллинг, обтянутый материей.]

дирижаблей-разведчиков объемом около 2 000 м³ каждый, один разведчик типа «Зодиак» объемом 2 000 м³ и один дирижабль-крейсер¹ объемом 10 500 м³.

Морские дирижабли с самого начала своей работы во флоте показали, что они являются незаменимым средством для разведки и конвоирования транспортов (рис. 41).

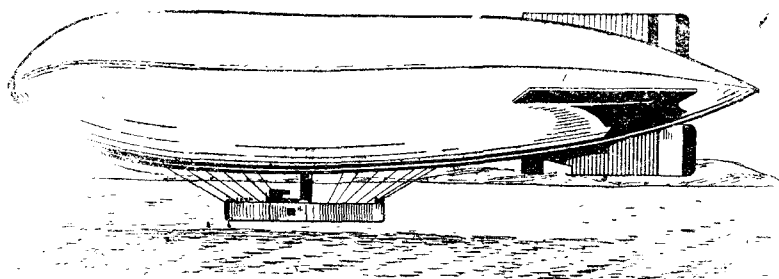


Рис. 41. Посадка дирижабля-разведчика на воду.

Началось усиленное строительство баз; число их уже в 1917 г. было доведено до 11, а к концу войны 1914—1918 гг. — до 15, при наличии 40 дирижабельных соединений.

¹ По французской терминологии.

Качество дирижаблей улучшалось: увеличилась скорость до 80 км/час, потолок был доведен до 3 500 м.

На вооружении состояли главным образом бомбы для борьбы с подводными лодками. Кроме того, на вооружении были пулеметы, к концу войны появились и 37-мм пушки.

Чтобы увеличить продолжительность полета и полезную нагрузку, объемы вновь строящихся дирижаблей были увеличены до 12 000 м³.

Во Франции применялись дирижабли трех типов: разведчики малых объемов (до 3 000 м³), для обслуживания Па-де-Кале и северной части Ла-Манша; разведчики объемом до 8 000 м³, обслуживающие южную часть Ла-Манша и океан, и дирижабли-крейсеры объемом до 12 000 м³, обслуживающие Средиземное море с неоднократными перелетами в Африку.

Продолжительность полетов для разведок и конвоирования судов составляла в среднем для крейсеров около 10 и для разведчиков около 6 часов. Иногда продолжительность полетов для разведчиков доходила до 12 часов и для крейсеров до 25—30 часов.

Приводим сводку полетной работы одного дирижабля-крейсера — «АС-9» объемом 8 000 м³, со скоростью 80 км/час, за сентябрь 1918 г.:

1 сентября	7 ч. 45 м.	16 сентября	14 ч. 00 м.
2—3 "	24 " 20 "	17 "	9 " 45 "
4 "	10 " 30 "	19 "	10 " 00 "
5 "	7 " 35 "	20 "	11 " 30 "
6 "	19 " 20 "	24 "	00 " 55 "
7 "	11 " 05 "	26 "	7 " 05 "
8 "	15 " 20 "	27 "	12 " 05 "
10 "	8 " 05 "	28 "	3 " 45 "
14 "	14 " 00 "	29 "	1 " 10 "
15 "	14 " 20 "	30 "	21 " 35 "

Всего за месяц налет составлял 224 час. 10 мин., т. е. в среднем более 11 часов на один полет.

Задачи французских морских дирижаблей сводились к следующему: разведка, поиск и бомбардировка подводных лодок, розыск и уничтожение мин и конвоирование судов.

Объем работы французских дирижаблей был весьма значительный, но основной момент, характеризующий работу их на море, заключался в том, что конвоируемые суда или караваны судов ни разу не были атакованы подводными лодками.

Подводная лодка противника подвергалась опасности быть обстрелянной, а кроме того, благодаря имеющемуся на борту дирижабля радиопередатчику, местопребывание лодки сразу же сообщалось всем встречным и находящимся вблизи кораблям. Французскими дирижаблями было указано и атаковано 50 подводных лодок и уничтожено более 100 мин. Морские дирижабли французского флота провели в воздухе тысячи часов.

В 1917 г. они совершили 1 128 полетов, пробыв в воздухе 4 164 часа; в 1918 г. — 2 201 полет, пробыв в воздухе 12 133 часа. Было пройдено более миллиона километров.

Англия. В начале первой мировой империалистической войны Англия имела всего семь мягких дирижаблей, но для военного использования были пригодны только три. Личный состав воздухоплавательной службы состоял всего из 198 человек, в том числе 24 офицера.

В первую же ночь войны эти три дирижабля начали свою деятельность по разведке Северного моря и патрулированию транспортов.

Попытка англичан строить свои жесткие дирижабли не удалась даже после того, как ими был захвачен немецкий цеппелин; освоить технику строения жестких дирижаблей англичане не смогли.

Полезная нагрузка жестких дирижаблей, построенных англичанами, по сравнению с немецкими, была почти в пять раз меньше. Построенный жесткий дирижабль с деревянным каркасом, оказался неудачным и вскоре выбыл из строя.

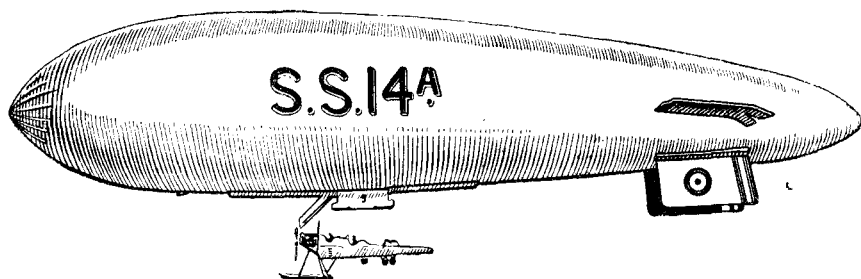


Рис. 42. Английский дирижабль типа „SS“.

Только в конце мировой войны 1914—1918 гг. английские жесткие дирижабли приобрели более хорошие качества. Основное направление в строительстве дирижаблей в Англии в годы войны было на строительство мягких дирижаблей. Применялись они исключительно на море.

Исходя из задач, возлагаемых на дирижабли, развитие их пошло по различным направлениям. Не случайно у англичан появляется на вооружении в начале 1915 г. дирижабль «Submarine Scout» («SS»), что означает: «разведчик подводных лодок». Это были небольшие дирижабли, объемом от 1 500 до 2 800 м³, с двигателем до 150 л. с. и скоростью до 100 км/час. Вместо gondолы у дирижабля был приспособлен самолетный фюзеляж (рис. 42).

Такой дирижабль имел экипаж 2—3 человека, обладал избытком подъемной силы, достаточной для того, чтобы взять горючего в полет на 8—10 часов и бомбовую нагрузку. Были случаи полета дирижаблей этого типа продолжительностью до 18 часов, а из серии, выпущенной в конце войны, дирижабль «SSZ-39» объемом всего в 2 830 м³ совершил полет продолжительностью 50 час. 53 мин.

Кроме разведки в прибрежной полосе, дирижабли этого типа использовались на специальных кораблях (авиаматках) в море (рис. 43).

Для борьбы с подводными лодками и для патрулирования судов был выработан тип дирижабля объемом от 4 800 до 5 940 м³, что давало возможность находиться в воздухе продолжительное время, имея достаточный запас горючего и бомб. Этот дирижабль мог производить посадку на воду.

Все суда, как товарные, так и пассажирские, в зонах, опасных

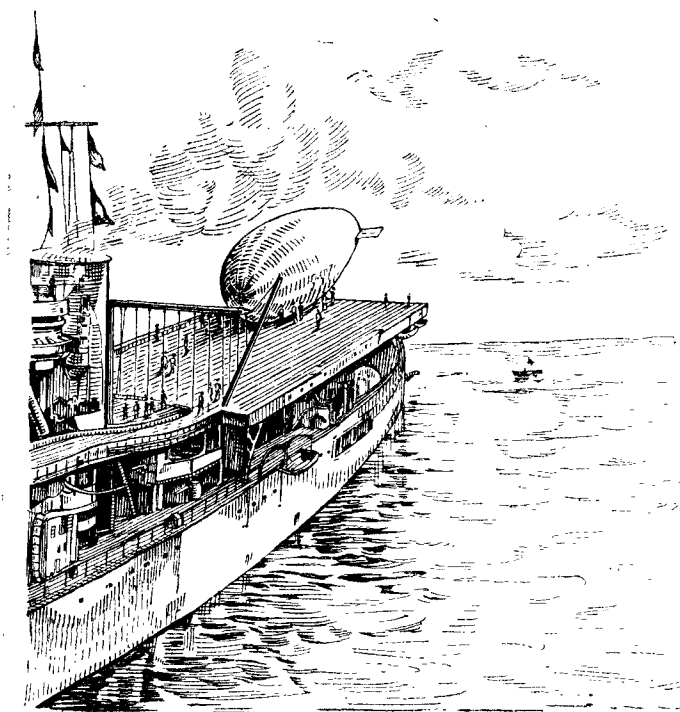


Рис. 43. Дирижабль-разведчик на крейсере „Фуреус“.

в отношении подводных лодок, стали ходить исключительно караванами в сопровождении дирижаблей. Случаев конвоирования судов за время войны были тысячи, и дирижабли являлись наиболее действительным средством борьбы с подводными лодками. За один 1918 г. был 2 141 случай конвоирования судов, и лишь в одном случае подводная лодка решилась атаковать караван, когда дирижабль был в стороне от него.

Для совместной работы с флотом потребовался дирижабль еще большего объема. Были построены дирижабли «Nord See» («NS») объемом 10 200 м³. Полеты продолжительностью 30 часов были обычным явлением для дирижаблей данного типа. Был случай, когда на этом дирижабле производили разведку в течение 61½ часа. Скорость дирижабля доходила до 105 км/час.

Гондола была закрытая. Два мотора по 250 л. с. находились в особой кабине (рис. 44).

Экипаж дирижабля состоял из 8—10 человек. Имелось 2—3 пулемета, из которых один находился наверху дирижабля.

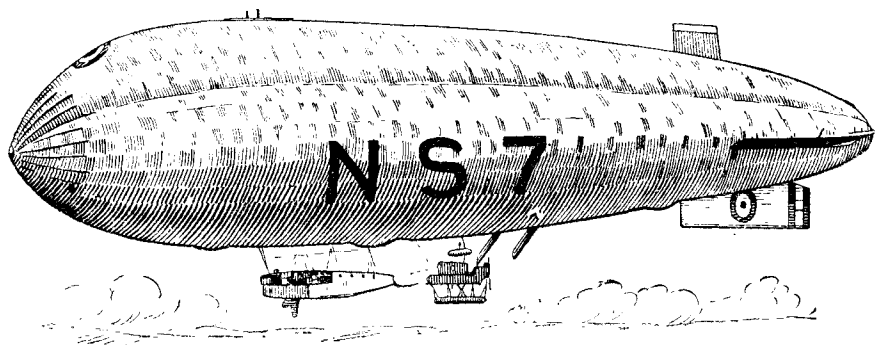


Рис. 44. Дирижабль-разведчик для совместной работы с флотом.

За годы первой мировой империалистической войны Англией было построено 213 дирижаблей, из них 10 жесткой системы. Последние получили значительное улучшение в конструкции.

Дирижабль «R-34», приведенный на рис. 45, впервые перелетел Атлантический океан в США за 108 час. 12 мин. и обратно за 74 часа.

Рост количества дирижаблей потребовал увеличения штата обслуживающего персонала, количественно достигшего к концу

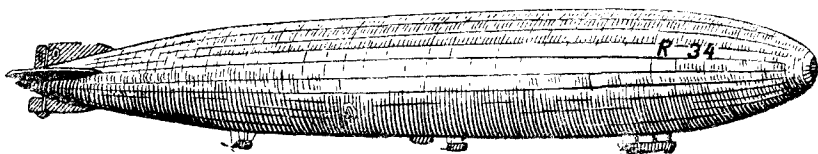


Рис. 45. Английский жесткий дирижабль „R-34“.

войны 7 114 человек, в том числе 580 офицеров. Объем работы английских дирижаблей (мягкой системы) за время войны 1914—1918 гг. выражается следующими цифрами:

палетано	89 000 часов
покрыто расстояние	около 4 000 000 км

Только с июня 1917 г. по октябрь 1918 г. 56 дирижаблями было выполнено более 9 000 разведывательных полетов и 2 200 конвоирований судов.

Италия. При вступлении в мировую войну 1914—1918 гг. в Италии имелось три дирижабля постройки 1913 г. Итальянцы строили главным образом полужесткие дирижабли небольших и средних объемов. Первоначально они, пользуясь слабостью

австрийской противовоздушной обороны, начали применять дирижабли для целей бомбардировки на сухопутном театре. Дирижаблями было произведено 258 удачных бомбардировок, во время которых сброшено 200 т бомб. Впоследствии дирижабли стали применяться преимущественно на море.

В 1916 г. в Италии стали строить дирижабли объемом 15 000 м³ для бомбардировки объектов на сухопутном театре.

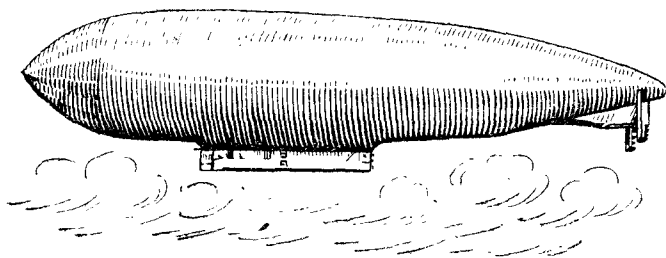


Рис. 46. Итальянский дирижабль „F₃“.

Приведенный на рис. 46 полужесткий дирижабль Форланини (F₃) имеет данные:

объем	15 000 м ³
скорость	75 км/час
наибольшая продолжительность полета	7 часов
бомбовая нагрузка	1 000 кг
моторов	3 по 150 л.с.
наибольшая высота полета с грузом	3 000 м

Полеты совершались исключительно ночью. Дирижабли часто подвергались обстрелу артиллерией, и за 1915—1916 гг. итальянцами было потеряно два дирижабля. Было много случаев, когда оболочка дирижабля получала до 160 шрапнельных пробоин, наличие которых почти на сказывалось на выполнении поставленной задачи.

Положение Италии как страны с большой береговой линией и соседство островов Корсики, Сардинии, Мальты требовали развития морских дирижаблей, предназначенных для наблюдения и борьбы с подводными лодками, для длительной разведки, наблюдения за собственными минными полями и обнаружения мин, поставленных противником, а также для охраны стоянки и конвоирования судов.

Во флоте в 1916—1918 гг. состояло на службе 22 дирижабля, из которых семь разведчиков малого объема были куплены в Англии.

Всего за время первой мировой империалистической войны в Италии было построено 28 дирижаблей разных типов и объемов, в том числе 16 мягких. Морские дирижабли могли производить посадку на воду. Экипаж состоял из 3—6 человек. Вооружение дирижаблей состояло из 3—4 пулеметов, из которых

один или два находились на специальной площадке, на «спине» дирижабля (рис. 47).

Иногда на такой площадке, связанной телефоном с командиром дирижабля, устанавливалась 37—47-мм пушка. Кроме верхней установки, на некоторых дирижаблях такая же пушка была установлена в гондоле.

Только за один 1918 г. 22 морских дирижабля произвели 650 боевых полетов общей продолжительностью 2 200 часов.

США. Америка вступила в первую мировую империалистическую войну позже других стран и сразу же стала усиленно за-

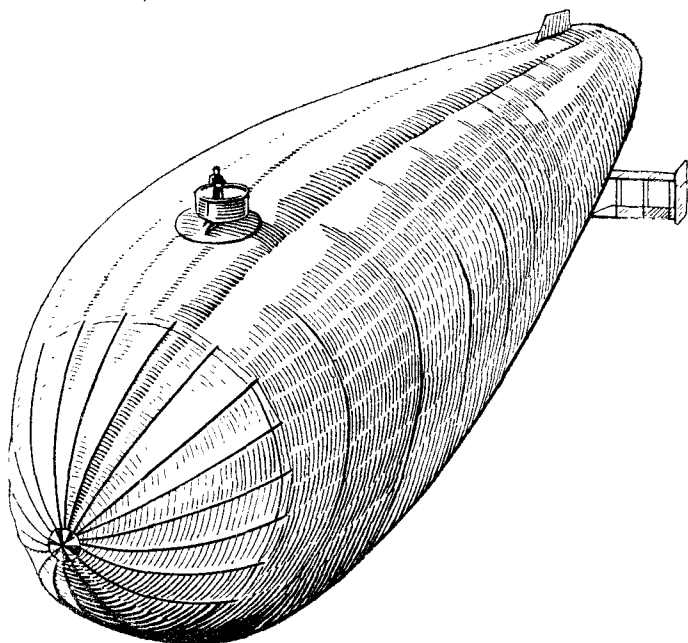


Рис. 47. Верхняя площадка на итальянском полужестком дирижабле.

ниматься постройкой дирижаблей. В начале 1917 г. в США было построено 16 дирижаблей-разведчиков, а к концу войны она имела в строю 50 дирижаблей мягкой системы объемом от 2 250 до 5 000 м³. Экипаж на дирижаблях состоял из 3—5 человек. Все дирижабли состояли на службе в морском флоте.

Россия. К началу мировой войны 1914—1918 гг. имелось несколько воздухоплавательных рот. В готовности было девять дирижаблей преимущественно мягкой системы, объемом от 2 200 до 10 000 м³. Имелось несколько эллингов. Кроме того, находился в сборке дирижабль «Гигант» объемом около 19 000 м³, и была начата постройка дирижабля объемом 23 000 м³. «Гигант» при первом же полете, из-за неправильных расчетов при конструировании, потерпел аварию и после переделки, за недостатком водорода, больше не наполнялся. Постройка другого дирижабля

по той же причине была приостановлена. Дирижаблями, которые находились вблизи фронта, было произведено несколько бомбардировочных и разведывательных полетов. Так как дирижабли были малых объемов, имели небольшую скорость и малый потолок, они не могли улетать далеко от своих стоянок, и полеты часто были неудачными, тем более что дирижабли в России применялись только на сухопутном театре, часто подвергались обстрелам и прилетали с большим количеством пулевых пробоин.

К осени 1915 г. все дирижабли были разоружены, и военное ведомство от применения их отказалось.

С появлением германских подводных лодок в Черном море командование морского флота было вынуждено принять меры к охране судов при выходах в море и конвоированию их, так как подводные лодки часто ожидали суда у выходов из баз.

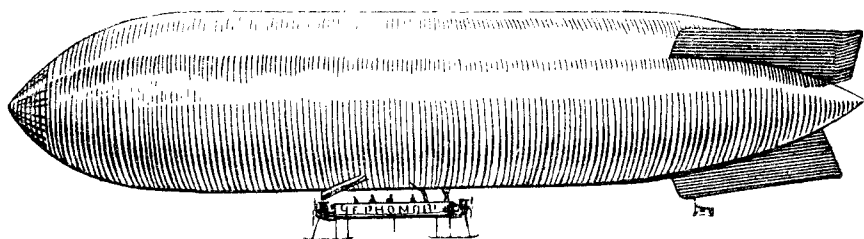


Рис. 48. Дирижабль „Черномор“ в полете.

В Черноморский флот был передан дирижабль «Голубь» объемом 2 300 м³ с экипажем. Дирижабль был собран в овраге около Севастополя, но при первом же его выводе из оврага оболочка лопнула, потому что материя, из которой она была сделана, к тому времени пришла в негодность.

В Англию для обучения было послано несколько офицеров и команда матросов. Одновременно в Англии было куплено четыре дирижабля объемом по 4 800 м³, приспособленных для патрульной службы, названных «Черноморами». Но и эти дирижабли постигла неудача главным образом из-за неумения эксплуатировать их, кроме того, это были старые дирижабли, снятые с вооружения в Англии (рис. 48).

Три дирижабля по прибытии их из Англии были собраны. В 1916 г. собрали дирижабль № 1, который после нескольких полетов из-за остановки моторов совершил вынужденную посадку в море, был отбуксирован к берегу и разоружен. В 1917 г. собрали дирижабль № 2, который также из-за порчи моторов не долетел до базы и благополучно опустившись на Каче, вблизи Севастополя, был разоружен. Дирижабль № 3, собранный в марте 1917 г., не совершил ни одного полета и при разоружении сгорел. Дирижабль № 4 совсем не наполнялся и был сдан в склад.

Полное незнание дирижаблей военным командованием царской России, неумение правильно и разумно использовать их, отсутствие организации, объединяющей и направляющей работу дирижабельных частей, плохой подбор и подготовка специалистов и, наконец, нежелание обременять себя лишними заботами окончательно решили судьбу дирижаблей в России — они были заброшены.

Глава IV

МАТЕРИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В настоящей главе остановимся главным образом на описании конструкций современных воздухоплавательных аппаратов и очень кратко коснемся истории их развития.

14. Сферические аэростаты

В настоящее время сферические аэростаты применяют для тренировки, спортивных полетов и для различных научно-исследовательских работ. Сферические аэростаты имеют различные объемы, что и определяет их назначение.

Согласно спортивному кодексу Международной авиационной федерации (ФАИ), по сферическим аэростатам (класс «А») установлены следующие восемь категорий по объемам, при допуске $\pm 5\%$:

1-я категория,	аэростат объемом	до 600 м ³
2-я "	" "	от 601 " 900 "
3-я "	" "	" 901 " 1200 "
4-я "	" "	" 1201 " 1600 "
5-я "	" "	" 1601 " 2200 "
6-я "	" "	" 2201 " 3000 "
7-я "	" "	" 3001 " 4000 "
8-я "	" "	" 4001 и более "

Наполнение сферических аэростатов для международных соревнований или полета на установление международного рекорда может производиться любым газом, с обязательным пересчетом на светильный газ. Удельная подъемная сила светильного газа принимается, как правило, за $0,7 \text{ кг/м}^3$, если оболочка была наполнена другим газом и пересчет производился путем умножения объема этого газа на отношение его подъемной силы к подъемной силе светильного газа. При таком пересчете категория аэростата меняется. Например, если оболочку аэростата объемом 1300 м^3 , относящуюся к 4-й категории, наполнить не светильным газом, а водородом, то ее приведенный объем можно определить по формуле:

$$V_1 = V_2 \frac{b_1}{b_2}, \quad (14)$$

где \dot{V}_1 — искомый объем;

V_0 — объем оболочки;

b_1 — удельная подъемная сила водорода; примем ее равной $1,1 \text{ кг/м}^3$ (она может быть различна в зависимости от чистоты газа и метеорологических условий);

b_2 — удельная подъемная сила светильного газа.

Подставив известные величины, получим:

$$V_1 = 1300 \frac{1,1}{0,7} = 1300 \cdot 1,57 = 2041 \text{ м}^3.$$

Следовательно, аэростат перешел в 5-ю категорию, для которой требования могут быть значительно больше, что и видно из табл. 12 существующих международных рекордов по классу сферических аэростатов¹.

Центральный аэроклуб СССР вступил в число членов Международной авиационной федерации в 1936 г. До этого многие рекордные полеты, проведенные в СССР, не регистрировались в ФАИ, чем и объясняется отсутствие в таблице воздухоплавательных рекордов, установленных в СССР. Возможность установления международных рекордов по классу сферических аэростатов всех категорий у воздухоплавателей СССР вполне реальна, что подтверждается полетами, проведенными до вступления СССР в ФАИ.

Например, в 1935 г. были произведены полеты на аэростатах объемом 700 м^3 , наполненных водородом (относящихся после пересчета к 3-й категории), продолжительностью: первый—29 час. 34 мин., второй—21 час. 50 мин. и соответственно по дальности—750 и 1 750 км. В этом же году на аэростатах объемом $2\,200 \text{ м}^3$, наполненных водородом, относящихся к 7-й категории, были произведены полеты продолжительностью 91 час. 35 мин. и 56 час. 14 мин. с пройденным расстоянием по прямой соответственно 2 200 и 2 400 км.

Высотные полеты в открытой кабине, проведенные в 1935—1936 гг., показали, что на аэростатах объемом $2\,200 \text{ м}^3$ несколько раз была достигнута высота более 10 000 м, что соответствует показателям международных рекордов по высоте.

К концу 1938 г. в таблице ФАИ уже произошли некоторые изменения. Несколько рекордов принадлежало СССР.

В сентябре 1938 г. тт. Зыков и Егоров на аэростате объемом около 600 м^3 установили рекорд продолжительности полета в 29 час. 35 мин. и перекрыли не только 2-ю, но 3-ю и 4-ю категории. Через несколько дней после этого на аэростате объемом 900 м^3 (4-я категория) лейтенанты Митяев и Алмалиев установили новый рекорд продолжительности полета в 32 час. 15 мин. В начале 1939 г. тт. Алешин и Бурлуцкий установили рекорд продолжительности полета на аэростате объемом 600 м^3 —

¹ Таблица составлена на 1 августа 1938 г., из нее приведены данные, относящиеся к сферическим аэростатам и дирижаблям.

Рекорд	Категории							
	1-я категория до 600 м ³	2-я категория 601—900 м ³	3-я категория 901—1 200 м ³	4-я категория 1 201—1 600 м ³	5-я категория 1 601—2 200 м ³	6-я категория 2 201—3 000 м ³	7-я категория 3 001—4 000 м ³	8-я категория от 4 000 м ³ и более
Продолжи- тельность	22 ч. 34 м., Франция, Георг Кор- мие, 10— 11 августа 1924 г.	23 ч. 28 м., Франция, Юлиус Дю- буа, 14—15 мая 1922 г.	26 ч. 46 м., США, Е. И. Хилл и А. Ц. Шлос- сер, 4—5 июля 1927 г.	26 ч. 46 м., США, Е. И. Хилл и А. Ц. Шлос- сер, 4—5 июля 1927 г.				87 час., Герма- ния, Г. Каулен, 13—17 декабря 1913 г.
Дальность	804,173 км, Франция, Георг Кор- мие, 1 июля 1922 г.	1 203,6 км, Гер- мания, Евг. Стюбери Вер- нер Шефер на аэроплане „Лейпциггер Месе-II“, 25—26 марта 1935 г.	1 238 км, Франция, Георг Равен, 25—26 сентя- бря 1932 г.	1 238 км, Франция, Георг Равен, 25—26 сентя- бря 1932 г.	1 715,8 км, Бельгия, Эр- нест Демун- тер и Пиер Гофман, 30 августа— 1 сентября 1936 г.	1 715,8 км, Бельгия, Эр- нест Демун- тер и Пиер Гофман, 30 августа— 1 сентября 1936 г.	1 715,8 км, Бельгия, Эр- нест Демун- тер и Пиер Гофман, 30 августа— 1 сентября 1936 г.	3 052,7 км, Германия, Бер- линер, 8—10 февраля 1914 г.
Высота	Не установ- лен	Не установ- лен	Не установ- лен	Не установ- лен	9 374 м, Ав- стрия, Жозеф Эммер на аэроплане „ОЕ-Марек Эммер-II“, 25 сентября 1937 г.	9 374 м, Ав- стрия, Жозеф Эммер на аэроплане „ОЕ-Марек Эммер-II“, 25 сентября 1937 г.		22 066 м, США, Капитан Орвилль А. Андерсон и капитан Аль- берт В. Стивенс на аэроплане „Эксплорер-II“ Рапид-Сити (Да- кота), 11 ноя- бря 1935 г.

более 60 часов. Эти результаты перекрыли большинство имевшихся рекордов по дальности¹.

Приведем данные (в табл. 13) наиболее распространенных типов сферических аэростатов.

Таблица 13

Классификация аэростатов	Объем оболочки в м ³	Диаметр аэростата в м	Поверхность шара в м ²	Примечание
Аэростаты	До 200	6,58	136,0	Часто называемый "шар-прыгун"
	" 300	8,32	217,0	
	" 600	10,47	344,0	
	" 700	11,04	383,0	Редко применяемый объем
	" 900	11,08	452,0	
	" 1 200	13,16	545,0	Редко применяемый объем
	" 1 600	14,51	670,0	
	" 2 200	16,14	815,0	
	" 4 000	19,69	1 210,0	
Стратостаты	От 10 000	26,74	2 240,0	
	и до 200 000	72,56	16 500,0	

Всякий сферический аэростат имеет оболочку из малогазопроницаемой материи, скроенную и сшитую в виде шара, что дает минимальную поверхность, а следовательно, и наименьший вес при данном объеме.

Оболочка может быть скроена способом меридиональным, как на рис. 49, при котором меньше швов, или отдельные полотнища имеют форму трапеции, как на рис. 50.

Каждый сферический аэростат, называемый часто свободным аэростатом, объемом более 200 м³ имеет следующие основные части.

Оболочка 1, наполняемая газом; подвеска в виде сети, от нижней части которой идут спуски и стропы (рис. 50), или в виде параболического пояса, нашитого на оболочке (рис. 51), от которого идут стропы (через них вес корзины передается равномерно на всю оболочку), и, наконец, корзина 8.

Оболочка имеет следующие детали: клапан 7 для выпуска газа при снижении. К клапану привязывают клапанную, обычно трехцветную, веревку. Она проходит внутри оболочки и через аппендикс 2 выходит в корзину. Клапан открывается при усилии от 10 до 15 кг, в соответствии с чем и производится тапировка пружин.

¹ В 1939 г. тов Кондратьева установила целый ряд рекордов для женщин, перекрыв мужской рекорд (по 1-й категории).

Размеры рабочего открытия клапана должны обеспечивать выпуск газа для аэростатов:

объемом 2 200 и 1 600 м ³	от 2 до 2,5 м ³ /сек
900 " 600 "	1 " 1,5 "
" 600 " 300 "	0,75 до 1 "

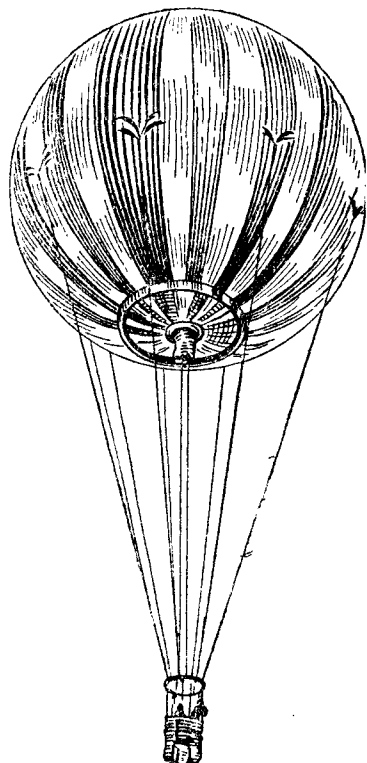


Рис. 49. Сферический аэростат в полете (объем 700 м³).

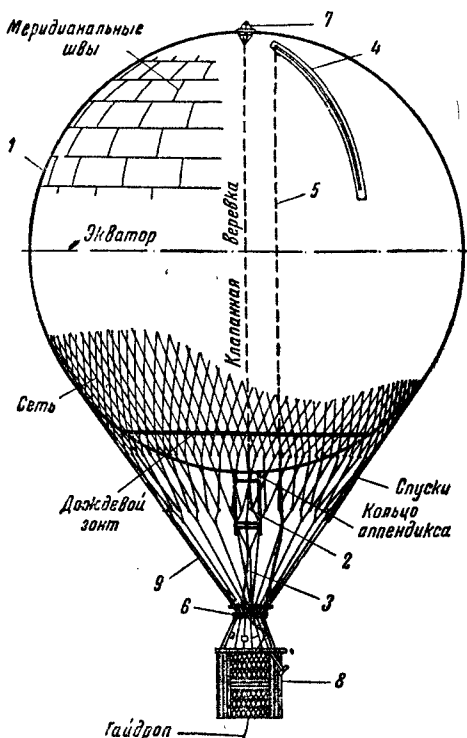


Рис. 50. Сферический аэростат с трапециoidalным раскрытием.

Аппендикс служит для наполнения оболочки газом¹, в полете же — для выхода из оболочки расширяющегося при подъеме газа.

Размеры аппендиксового рукава следующие:

Таблица 14

Объем аэростата в м ³	Диаметр аппендикса в м	Длина аппендикса в м
2 200	1,00	2,0
1 600	1,00	2,0
900	0,75	1,5
600	0,50	1,0
300	0,50	1,0

¹ Иногда у оболочек большого объема для наполнения их газом делаются специальные аппендиксы, которые после наполнения надежно завязываются.

Во избежание вдавливания нижней части аэростата во время быстрого спуска аппендикс снабжен прочной уздечкой 3, конец которой прикреплен к строповому кольцу со стороны крепления гайдропа.

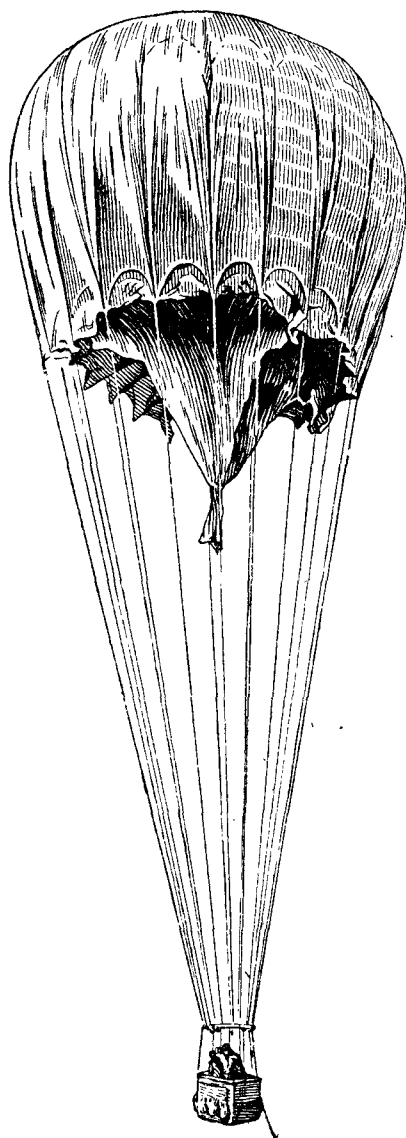


Рис. 51. Сферический аэростат в полете (объем 2200 м³).

Разрывное полотнище 4 служит для быстрого выпуска газа при посадке, что необходимо во избежание тренажа (волочения по земле), особенно при сильном ветре. Размеры разрывного полотнища должны быть такие, чтобы $\frac{2}{3}$ объема газа могло выйти из оболочки в течение 1 минуты с момента вскрытия.

Разрывная вожжа 5, прикрепленная одним концом к верху разрывного полотнища, проходит внутри оболочки, другим выходит через аппендикс и закрепляется на подвесном обруче 6 (строповом кольце), до которого пилот легко может достать рукой. Разрывная вожжа, в виде плоской льняной ленты красного цвета, в верхней части разрывного полотнища имеет значительную слабину (до 2 м), гарантирующую от случайного вскрытия разрывного полотнища. На основание клапана или на внутреннюю сторону оболочки наклеивается матерчатая шайба; к ней крепится кольцо, в которое вталкивается карабин (рис. 52), а к последнему прочно крепится разрывная вожжа. Карабин разрывного



Рис. 52. Карабин с кольцом.

полотнища должен вскрываться (сдвигаться с кольца) при усилии не менее 15—20 кг. Иногда вместо карабина применяется шпагат с соответствующей прочностью на разрыв.

Подвесной обруч может быть четырех типов: а) деревянный; б) из стальной трубы; в) тросовый; г) веревочный. Диаметр должен быть равен диаметру круга, вписанного в габарит корзины.

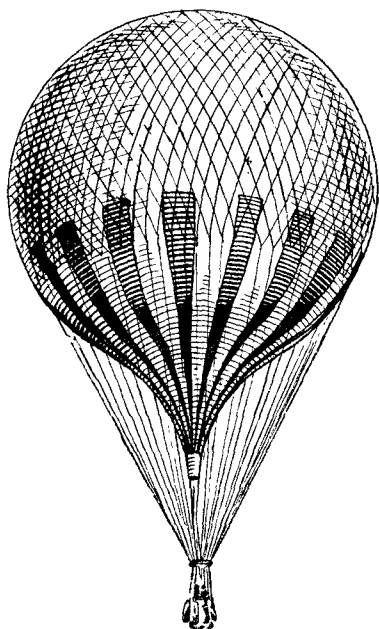


Рис. 53. Французский сферический аэростат (объем 600 м³).

На сетке имеются петли для крепления поясных веревок, которые служат для маневрирования с оболочкой на земле во время наполнения ее газом. На аэростатах без сетки для поясных веревок в верхней части аэростата нашивается специальный параболический пояс с петлями или вместо пояса нашиваются матерчатые шайбы с петлями. Французские сферические аэростаты до объема в 600 м³ обычно имеют сетку (рис. 53); в СССР аэростаты большей частью снабжены поясами, а нередко и отдельными параболическими лапами.

На аэростатах малого объема — «прыгунах» — наклеивают и прошивают лапы, от которых идут стропы к скамейке, заменяющей корзину.

В корзине аэростата размещается экипаж, балласт (сухой просеян-

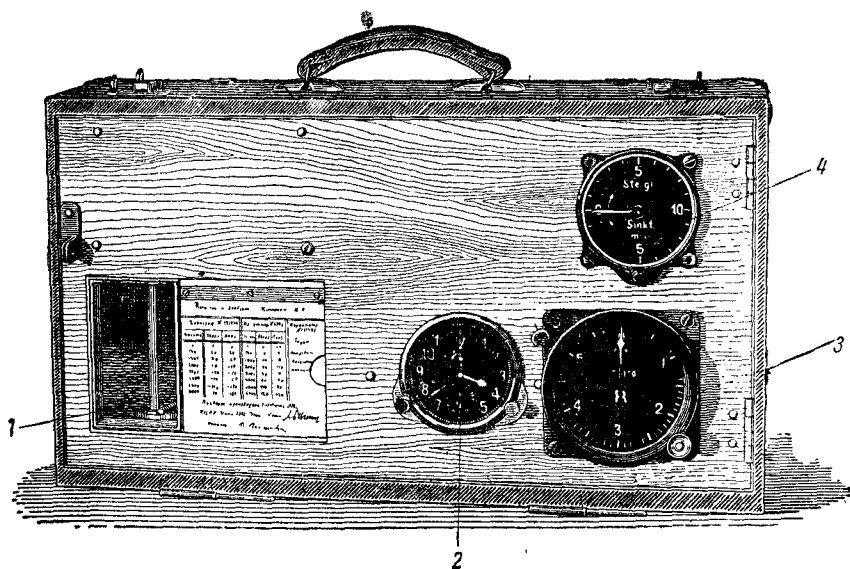


Рис. 54. Чемодан с приборами:

1 — барограф, 2 — часы, 3 — альтиметр, 4 — вакууметр.

ный песок или мелкая дробь). Он служит для относительного управления высотой в полете: при сбрасывании его аэростат облегчается и идет вверх, следовательно, назначение балласта обратно назначению клапана. Кроме того, в корзине размещаются запасный провиант и приборы, смонтированные на рамке или в специальном чемодане (рис. 54). Количество приборов в корзине зависит от назначения полета, но на аэростате объемом более 200 м³ обязательны следующие приборы:

- а) барограф;
- б) альтиметр;
- в) часы;
- г) статоскоп или вариометр;
- д) термометр;
- е) компас.

В зависимости от задания и назначения полета в оборудование корзины аэростата могут быть включены:

- а) специальные барографы с большой продолжительностью хода часов;
- б) психрометр Асмана;
- в) авиасекстант;
- г) бинокль;
- д) термограф;
- е) бортовой визир.

Если полет производится с научно-исследовательской целью, то в корзине помещается все специальное для этого оборудование.

При полете на высоту 4 500—7 000 м включается и кислородное оборудование (подушки с кислородом при непродолжительном полете). Если предполагается продолжительный полет на этих высотах, то берутся баллоны с сжатым или жидким кислородом со специальным оборудованием.

В полетное снаряжение и оборудование для полетов продолжительностью до 10 часов входят:

- а) ножи — по одному для каждого участника полета;
- б) планшет с набором карт;
- в) топорик, рупор, термосы, спички, бортовая аптечка;
- г) оборудование для освещения (аккумуляторы, лампочки и фонари) и т. д., в частности должна быть лампочка красного цвета, выпускаемая из корзины вниз на расстояние 3 м при полетах ночью.

Независимо от назначения и продолжительности полета весь экипаж аэростата обязательно снабжается парашютами.

В длительном полете корзина должна быть приспособлена для отдыха экипажа (поочередно). Обычно в корзине, кроме сидений, делается откидной лежак, а в борту — откидная полка (рис. 55).

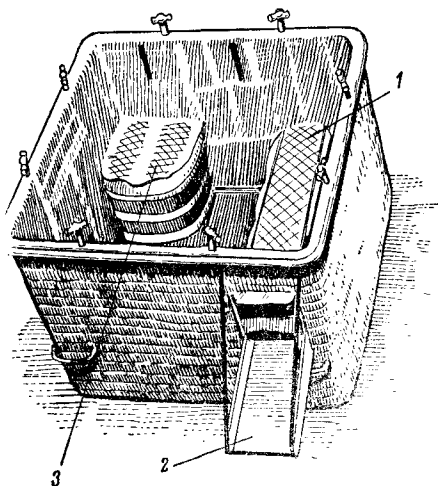


Рис. 55. Корзина сферического аэростата:

1 — откидной лежак, 2 — откидная полка, 3 — сиденье.

Корзина имеет размеры в зависимости от объема аэростата. Они бывают следующие:

Таблица 15

Объем аэростата в м³	Размеры корзины в м	Высота борта в м
2 200	2,0 × 2,0	1,1
1 600	1,5 × 1,5	1,1
900	1,25 × 1,25	1,1
600	1,0 × 1,0	1,0
300	0,8 × 0,8	1,0

В борт корзины пропускают хорошо луженый стальной трос, а дно укрепляют деревянными полосьями. Внутренность корзины обшивается материей, и на обшивке делается несколько карманов для карт, фонарей, питания и пр. Необходимой принадлежностью корзины является совок для балласта.

Г а й д р о п — это толстый канат, размеры и вес которого зависят от подъемной силы аэростата. Гайдроп крепится к подвесному обручу обязательно с той стороны, на которой находится разрывное полотнище. Делается это для того, чтобы при посадке оболочка ложилась разрывным полотнищем вверх. Гайдроп служит, во-первых, для смягчения посадки и, во-вторых, для автоматического регулирования высоты при низком полете, когда распущенный гайдроп касается земли. Приняты следующие размеры гайдропа при наполнении аэростатов водородом.

Таблица 16

Объем аэростата в м³	Длина гайдропа в м	Вес гайдропа в кг	Прочность на разрыв в кг
2 200	100	60	3 000
1 600	100	45	2 000
900	80	30	1 500
600	80	25	1 000
300	80	15	500

В нижний конец гайдропа должен быть заделан хорошо ошпагованный и сведенный на конус трос до 10 м. Это делается для того, чтобы во время полета на гайдропе его волоочащийся конец не захлестывался и не задерживался на встречающихся предметах (деревьях, пнях и т. п.). К клапану аэростата присоединяется громоотвод для стекания образовавшихся на клапане зарядов статического электричества, представляющий собой металлический канатик (в резиновом шланге), оканчиваю-

щийся металлическим, хорошо луженым острием. Громоотвод помещается на оболочке аэростата со стороны, противоположной гайдропу. Острие громоотвода должно быть ниже корзины на 3—5 м.

Снаряжение аэростатов объемом до 2 200 м³ к полету возможно при скорости ветра у земли до 6—8 м/сек, на площадке размером не менее чем 100 × 100 м, при наличии строений на границах площадки высотой не более 10 м. Аэростаты больших объемов (стратостаты) можно снаряжать или при отсутствии ветра, или при ветре, скорость которого не превышает

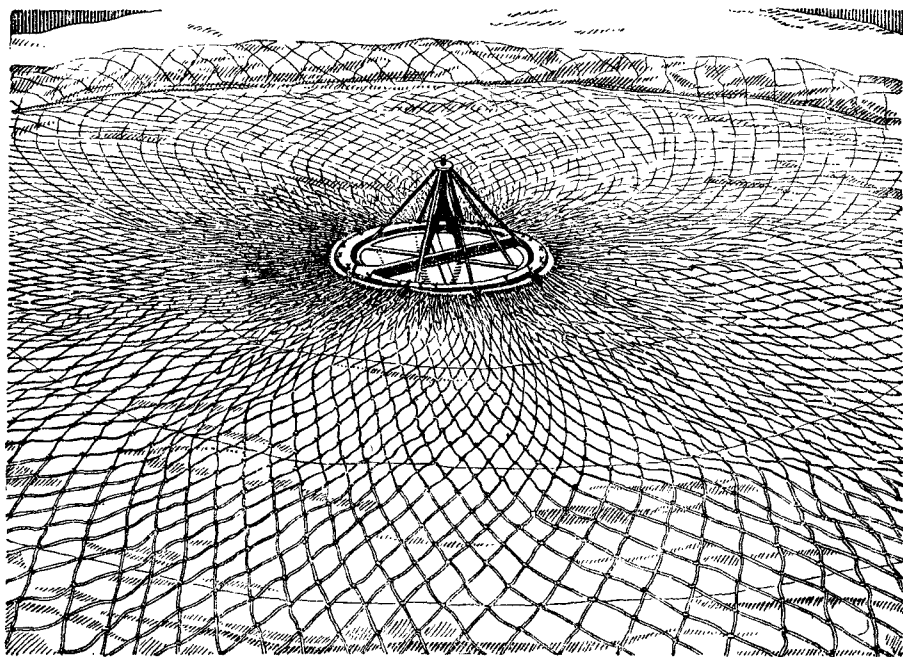


Рис. 56. Раскладка оболочки перед наполнением ее газом.

1 м/сек. Отсюда ясно, как трудно подобрать погоду для стартования стратостатов. Кроме подготовки площадки, которая обязательно покрывается подстилочными брезентами, заготовки балласта, подготовки газа и другого оборудования для производства старта, в подготовку материальной части к полету входят раскладывание оболочки, ее осмотр, присоединение клапанной веревки и разрывной вожжи к концу разрывного полотнища и к карабину, затем закрепление клапана, и если есть, то раскладывание сетки. Обычно при наполнении оболочки газом ее растягивают по кругу, как указано на рис. 56, клапаном кверху и затем уже на оболочку накладывают сетку. Аэростаты без сетки объемом до 900 м³ нетрудно наполнять и без растягивания оболочки по кругу, нужно только во время газонаполнения выпра-

влять положение оболочки. Часто для полетов сферических аэростатов применяют уже отработанный в других аэростатах или дирижаблях газ (водород), но чистота его не должна быть ниже 80%. Перед окончанием газонаполнения к аэростату присоединяют снаряженную корзину. После газонаполнения аппендикс завязывают легко развязывающимся от рывка узлом или на него надевают резиновую петлю с костыльком.

Во избежание срыва завязки аппендикса расширяющимся газом рекомендуется не наполнять оболочку полностью, а иметь запас 2—3%. При высотных полетах наполнение оболочки аэростата производится по расчету.

Все предполетные маневры с наполненным аэростатом производятся при завязанном аппендиксе. После окончательного снаряжения корзины аэростат осматривается, производятся посадка экипажа и предварительное взвешивание. Взвешивание аэростата заключается в том, чтобы уравновесить аэростат прибавлением или уменьшением балласта. После этого по команде выдергиваются поясные (при сильном ветре поясные не выдергиваются и идут в полет), раскрывается аппендикс, и после того, как экипаж и стартер убедятся, что все (клапан, клапанная веревка, разрывная вожжа) в порядке, производится быстрое уравнивание аэростата, проверяется количество оставшегося в корзине балласта, часть его вынимается из корзины для взлета. По команде «Отдать аэростат» отпускается корзина, и аэростат начинает подъем. Стартер объявляет команду: «В полете». После ответа командира экипажа «Есть в полете» полет считают начавшимся.

15. Субстратостаты и стратостаты

Интерес к стратосфере, т. е. высоким слоям атмосферы (порядка 12—18 км), вызывается целым рядом задач, которые нужно решить. Огромные пространства нашего Союза, бешеная подготовка войны против СССР обуславливают необходимость полетов нашей авиации на большей высоте, чем авиация любой капиталистической страны. Овладение стратосферой даст нашей авиации возможность летать быстро, на большие расстояния и при любых условиях погоды.

Советская авиация и воздухоплавание под руководством нашей партии Ленина — Сталина, несомненно, овладеют стратосферой и будут летать выше, дальше и быстрее всех.

Для решения этих вопросов необходимо изучить высокие слои атмосферы путем систематических полетов (до 30 км) стратостатов с людьми, радиофицированных автостратостатов и шаров-зондов.

По конструкции субстратостаты и стратостаты мало отличаются от описанных выше аэростатов: основные детали оболочки те же, что и в обычных аэростатах, но объемы их значительно больше.

Осуществленные полеты в стратосферу как в США, так и в СССР уже дали некоторый научный материал. И в СССР и в США были «привезены» пробы воздуха с высоты 18 км, анализ которого показал, что процентное содержание кислорода в воздухе на этой высоте почти такое же, как и в низких слоях.

Эти исследования чрезвычайно важны, так как они опровергли гипотезы о том, что процент кислорода в воздухе с высотой убывает.

Работы по изучению космических лучей¹ показали, что интенсивность их с высотой увеличивается. В этих полетах были сделаны значительные исследования в области аэрологии, метеорологии, аэронавигации, фотографирования с больших высот и много других изысканий. Серия полетов в субстратосферу до высоты 10—11 км как в закрытой, так и в открытой гондоле, проводимая в СССР, способствует разрешению многих научных вопросов.

Огромные размеры стратостатов и большая высота всей системы (иногда более 100 м) чрезвычайно затрудняют стартование и требуют соответствующей погоды (рис. 57).

Для осмотра огромной оболочки стратостата приходится подниматься на шаре-прыгуне, как видно из рис. 58.

Человек в сильно разреженном пространстве, например на большой высоте, существовать не может. Поэтому и были применены герметически закрывающиеся гондолы в виде металлического (дуралюминиевого) шара. Форма шара обеспечивает наименьший вес гондолы при наибольшем объеме и наилучшее сопротивление внутреннему сверхдавлению, которое может достигать до 1 атмосферы; во всяком случае, для нормальной работы экипажа давление должно быть не менее 500 мм рт. ст. Диаметр такой гондолы — от 2 до 3 м. На рис. 59 дана форма гондолы стратостата «СССР». На гондоле стратостата монтируется гондольный парашют на случай необходимости отцепки гондолы от оболочки в полете. Экипаж стратостата снабжается индивидуальными парашютами.

На стропах над гондолой стратостата «СССР» подвешивалось более десятка специальных, показанных на рис. 60 сосудов для взятия проб воздуха на высотах, соединенных электропроводами с кабиной, из которой и производится их открывание и последующая запайка. Взятие проб воздуха осуществляется еще и путем установки металлических сосудов в самой гондоле, как например на «Эксплорер-II» (США).

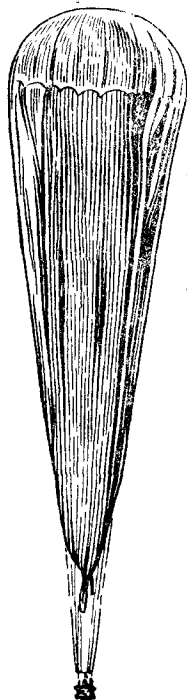


Рис. 57. Американский стратостат «Эксплорер-II» при взлете.

¹ Космическими лучами называются особые лучи, идущие из мирового пространства.

Управление балластом из гондолы может быть осуществлено различными способами.

Рис. 61 представляет герметическую камеру для выбрасывания балласта из гондолы, в которой герметичность сохраняется при перепускании балласта из верхней камеры А в нижнюю камеру В и последовательной работе кранами Е и F. С — сито для просеивания свинцовой дроби, которая применялась Пикаром в качестве балласта.

Другой способ сбрасывания балласта был применен на стратостате «СССР». Под гондолой, во внутренней части амортизатора, подвешивали мешки с дробью, от них выводили тросы управления, при помощи которых можно было

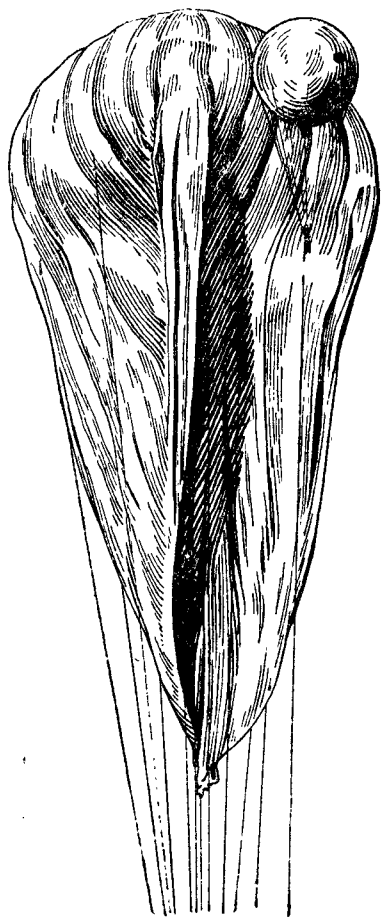


Рис. 58. Субстратостат «СССР» перед взлетом. Виден шар-прыгун, на котором поднимаются для осмотра верхней части оболочки.

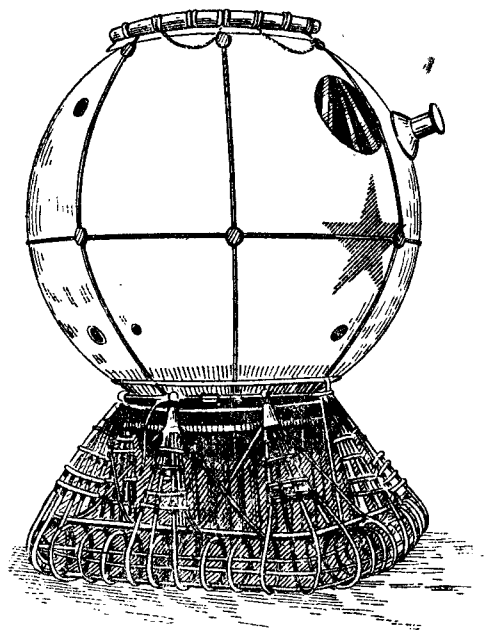


Рис. 59. Гондола стратостата. «СССР».

из гондолы легко опрокинуть и высыпать дробь из любого количества мешков по расчету, при этом на пульте управления в гондоле велся учет расхода балласта.

Амортизатор под гондолой стратостата «СССР» был сделан из ивовых прутьев, чтобы при жесткой посадке их поломка амортизировала удар.

Основным вопросом обеспечения жизни и работы экипажа во время стратосферного полета являются непрерывное пополнение воздуха в gondole стратостата кислородом и очистка (регенерация)

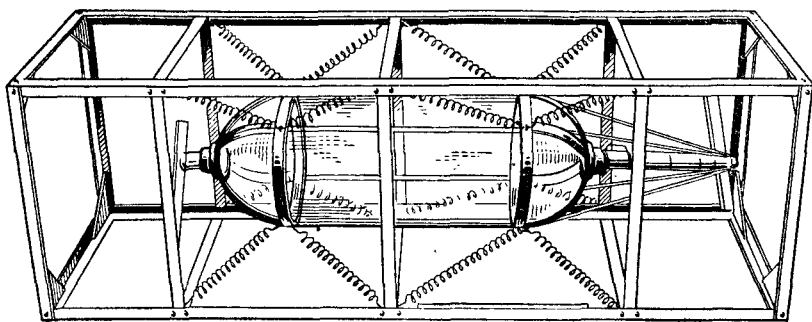


Рис. 60. Прибор для взятия пробы воздуха.

ция) его от выделяемых людьми при дыхании углекислоты и влаги.

Воздух gondoly может содержать не более 2% углекислоты, относительная влажность допускается не более 90% и минимальное давление — 500 мм рт. ст.

Пополнение кислородом в нужном количестве производится автоматически из специальных сосудов с жидким или баллонов с сжатым кислородом.

Кислород берется с большим избытком с целью компенсации на случай частичной потери gondolой герметичности.

Регенерация воздуха достигается путем двукратного его обмена в течение каждого часа пребывания в стратосфере при помощи электровентилятора, просасывающего воздух через патроны, заряженные специальным препаратом.

В один из полетов на стратостате «СССР-2» были взяты следующие научные приборы:

- а) камера Вильсона — прибор, при помощи которого можно сделать видимыми и сфотографировать пути быстролетающих атомов и частиц, даже более мелких, чем атомы электронов; прибор предназначен для измерения интенсивности и жесткости космических лучей;
- б) приборы для взятия проб воздуха на высотах;
- в) специальный безрадиационный термограф;
- г) термограф для записи температуры газа внутри оболочки;
- д) три специальных ртутных барометра;
- е) метеорографы — приборы, записывающие температуру, давление;
- ж) альбедопиранометр — прибор, измеряющий интенсивность солнечной и отраженной радиации;

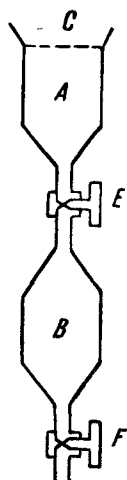


Рис. 61. Камера для выбрасывания балласта.

з) прибор для измерения цвета неба, получения спектра солнца, определения яркости неба на высотах;

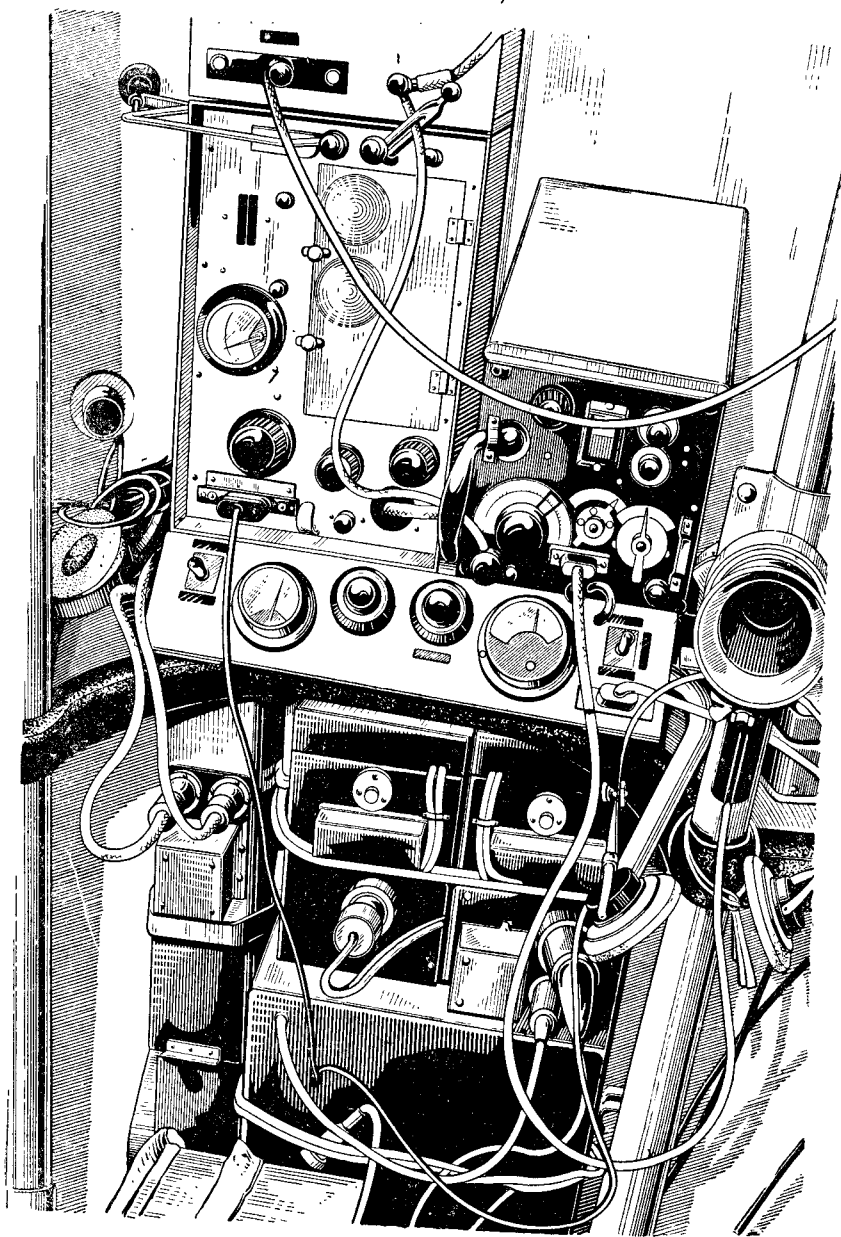


Рис. 62. Радиостанция в гондоле стратостата „СССР“.

- и) точный специальный барограф;
- к) высотомеры для разных высот;
- л) вариометр.

Рис. 62 показывает радиоустановку внутри гондолы, а рис. 63— один уголок с приборами, где виден термограф, правее его прибор для регистрации температуры газа и другие приборы.

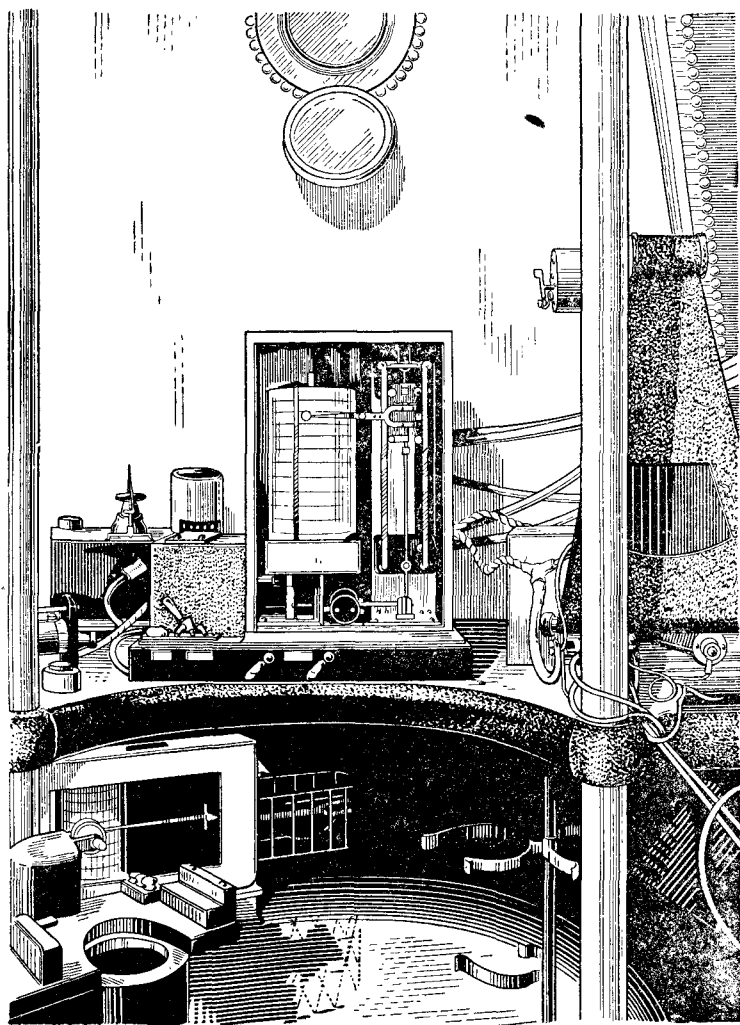


Рис. 63. Приборы в гондole стратостата „СССР“.

Над столом с прибором открыт герметически закрывающийся металлический колпак смотрового окна (иллюминатора). Таких иллюминаторов в гондолах делается несколько, чтобы лучше осветить внутренность гондолы и обеспечить наблюдение во все стороны. Стекла для иллюминаторов применяются особо высокого качества, тщательно шлифованные, толщиной 10—20 см.

16. Змейковые аэростаты (общие положения)

Силы, действующие на привязной аэростат (рис. 63а):

Подъемная сила — P .

Вес системы — Q .

Горизонтальная составляющая сопротивления — R_x .

Вертикальная составляющая сопротивления — R_y .

Горизонтальная составляющая натяжения троса — T_1 .

Вертикальная составляющая натяжения троса — T_2 .

Момент вращающий (от R) — M_x .

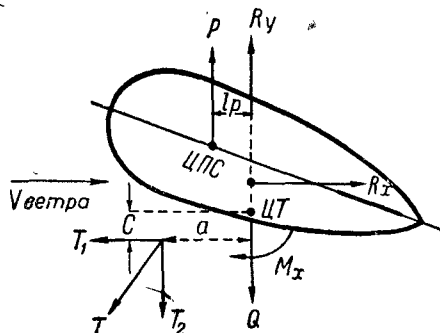


Рис. 63а.

Примечание. Иногда R_y подгоняют так, чтобы она совпадала по вертикали с Q .

Аэродинамическая сила R от ветра, действующего на привязной аэростат, разлагается на составляющую, перпендикулярную направлению ветра, R_y , и на составляющую, совпадающую с на-

правлением ветра, R_x . R_y сообщает аэростату добавочную аэродинамическую подъемную силу (змейковое действие). Она зависит от плотности воздуха ρ , обдуваемого аэростат, пропорциональна миделевому сечению аэростата S или его объему V в степени $2/3$ и квадрату скорости ветра v , т. е.

$$R_y = C_y \rho S v^2,$$

или

$$R_y = C_y \rho V^{2/3} v^2, \quad (15)$$

где C_y — опытный коэффициент подъемной силы, меняющийся с углом атаки аэростата;

R_x — лобовое сопротивление, оказываемое аэростатом обдуваемому его потоку ветра; оно зависит от тех же факторов, что и R_y :

$$R_x = C_x \rho S v^2,$$

или

$$R_x = C_x \rho V^{2/3} v^2, \quad (16)$$

где C_x — опытный коэффициент лобового сопротивления.

C_y и C_x обычно получают в результате продувок моделей аэростатов в аэродинамической трубе или испытанием аэростатов в натуре.

Лобовое сопротивление является отрицательным качеством аэростата, так как оно увеличивает натяжение в привязном тросе и создает снос аэростата, уменьшая этим его потолок.

Органами устойчивости привязного аэростата являются ста-

билизаторы, назначение которых удерживать аэростат в вертикальной плоскости потока ветра.

Проектирование аэростатов распадается на две части:

а) аэродинамический расчет — выбор наилучшей формы корпуса, стабилизаторов, точки крепления привязного троса;

б) проектирование оболочки, оперения, такелажа в зависимости от аэродинамического расчета.

К военным привязным аэростатам предъявляются следующие основные требования:

а) наибольшая высота подъема с заданной нагрузкой при минимально возможном объеме;

б) наибольшая скорость ветра, при которой аэростат может работать, не обрывая привязного троса и не теряя устойчивости;

в) сохранение правильной формы (отсутствие так называемых ложек, рис. 64) при наибольших скоростях ветра и скорости выбирания лебедкой;

г) дешевизна изготовления и простота эксплуатации материальной части;

д) возможность bivальной стоянки;

е) наименьшее количество обслуживающего персонала и защита аэростатов от грозовых разрядов при стоянке (подъеме) на тросе.

Змейковые аэростаты применяются для разных целей: аэростаты наблюдения служат для подъема наблюдателей с целью выполнения многих задач (разведка, корректирование и т. п.); аэростаты заграждения служат для защиты городов и отдельных объектов от налетов авиации, представляя своими привязными тросами довольно опасное препятствие для самолетов.

По конструкции змейковые аэростаты могут быть разделены на аэростаты с баллонетами и аэростаты с растягивающейся системой (часто называемые аэростатами с переменным объемом) в виде резиновых тяжей или металлических пружин. Нужно особо отметить моторизованные аэростаты наблюдения, которые из привязного состояния за короткий промежуток времени превращаются в небольшие дирижабли.

Назначение баллонета — сохранять форму аэростата. Действие его заключается в следующем. Когда газ в аэростате уменьшается в объеме, баллонет, наполняемый все время встречным

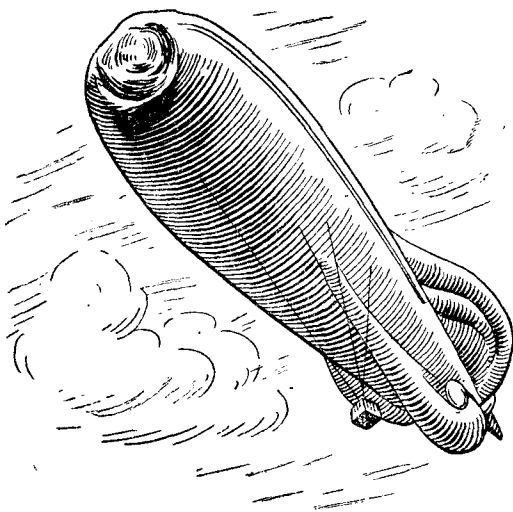


Рис. 64. „Ложка“ (вмятина) от сильного ветра при недостаточном давлении внутри аэростата.

потоком воздуха, посредством диафрагмы постоянно поддерживает давление в газовом пространстве. Если, наоборот, объем газа увеличивается, например при подъеме на большую высоту или от разогревания солнечными лучами, то диафрагма под напором газа подается назад и вытесняет из баллонета излишний воздух. Когда расширение газа станет настолько большим, что в баллонете останется очень мало воздуха и диафрагма отодвинется почти к оболочке, достаточно еще небольшого давления — и диафрагма потянет веревочную пирамиду, начнет работать газовый клапан, выпуская излишек расширившегося газа.

17. Аэростаты наблюдения

Основные части аэростата наблюдения: оболочка, подвесной такелаж, корзина, привязной такелаж, клапан, трос, на котором аэростат сдается в воздух.

С того времени, как отказались от применения для воздушного наблюдения сферических аэростатов, были введены аэростаты удлиненной, но очень простой формы: цилиндр с полусферовыми концами, в кормовой части которого монтировался рулевой мешок.

Аэростат, показанный на рис. 12, применялся во время мировой войны 1914—1918 гг. во всех воюющих странах примерно до 1916 г., когда его заменили аэростатом улучшенной формы. На разборе этой конструкции останавливаться не будем; ограничимся приведенной схемой (рис. 12) и рис. 13, на котором изображен русский аэростат времен мировой войны. Такие аэростаты были различных объемов — от 760 до 1 000 м³, но подниматься выше 600 м даже при благоприятных условиях они не могли (при скорости ветра 10 м/сек высота подъема была не более 450 м), так как аэродинамическое качество такого аэростата было весьма низкое, снос (отклонение от вертикали над лебедкой) доходил до 45—50°, создавалось большое натяжение в тросе.

С 1916 г. аэростат «Како» вытесняет «Парсеваль». Во всех странах появились аэростаты «Како» с теми или иными добавлениями и изменениями. Эти аэростаты были значительно лучше по своим аэродинамическим качествам, так как они раскраивались как тело вращения двух эллипсоидов. Обтекание воздухом такого тела было значительно лучше, чем цилиндра. Обычно удлинение аэростатов системы «Како» всех типов было в пределах от 3 до 4.

Был выпущен аэростат «М» с подвеской только одной корзины для двух наблюдателей, а затем был переделан для возможности подвески двух корзин, имеющих самостоятельную телефонную связь с землей. Аэростат системы «Како» на две корзины получил название «М-2». Высота подъема этого аэростата была незначительная — до 600 м, но эта конструкция давала возможность производить работу при ветре до 20—25 м/сек.

В России тоже был введен на вооружение аэростат «Како», схема которого приводится на рис. 65. Объем аэростата — 930 м³,

длина — 25,5 м, наибольший диаметр — 8,05 м. Оболочка сшивается из 16 одинаковых продольных полотнищ; каждое полотнище состоит из 24 трапеций. Нагрузка как от веса корзин, так и от троса распределена по главному поясу, сделанному из очень прочной материи и пришитому к оболочке.

Оболочка имеет следующие отверстия: аппендикс для наполнения оболочки газом А, клапанное отверстие с рукавом для крепления клапана Б, два смотровых окна для осмотра внутренней аэростата и наблюдения за регулировкой клапана, отверстия для клапанной веревки К и разрывной вожжи Ж. На другой стороне аэростата, против клапанного отверстия, установлен так называемый ложный клапан В, о назначении которого будет сказано ниже.

Аэростат — баллонетный; на рис. 65 видно, что баллонет расположен в кормовой части; виден также шов диафрагмы — матерчатой перегородки, отделяющей газоместилище от пространства, могущего быть наполненным воздухом. Баллонет имеет свой аппендикс О, через который при необходимости можно произвести наполнение его воздухом. Воздух попадает в баллонет через улавливатели стабилизаторов М, М₁ и наполняет его в зависимости от объема газа в аэростате.

Применяется и другая система подачи воздуха в баллонет — не через стабилизаторы, а непосредственно через улавливатель самого баллонета, который показан на рис. 66, ниже крышки, закрывающей аппендикс. С баллонетом связана работа автоматического клапана. Автоматический клапан необходим потому, что часто наблюдатель, занятый работой, может не заметить внезапно (например от разогрева) возросшего давления газа.

Оригинальное разрешение автоматизации работы клапана приведено на рис. 67, где ясно видно, почему работает клапан.

Примерно на середине аэростата, около экватора, с одного борта устанавливается клапан А и симметрично на противоположной стороне — ложный клапан Е, представляющий собой матерчатую шайбу, прикрепленную к оболочке. Веревки В и D от рабочего и ложного клапанов сводятся к пирамиде, закрепленной на диафрагме. При диафрагме, выгнутой воздухом в газовое пространство, веревки, очевидно, будут ослаблены, и

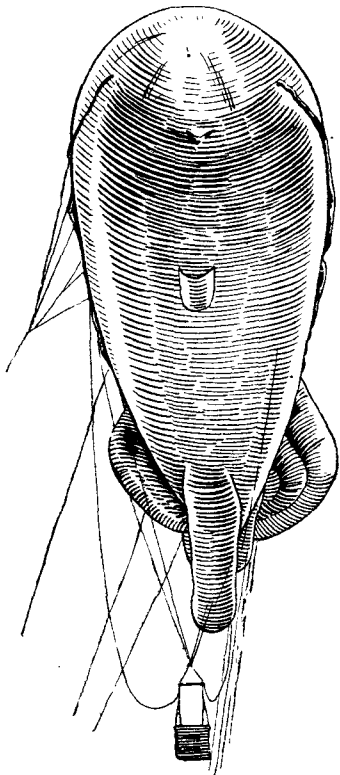
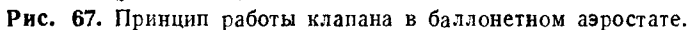


Рис. 66. Аэростат „Како“ перед подъемом.

Так как веревки в процессе работы могут растянуться неравномерно, то необходимо иметь возможность производить регулировку длины пирамиды снаружи. Это осуществляется укорочением или удлинением веревок F или в других случаях укорочением или удлинением пирамиды на ложном клапане. Регулировка клапана производится при наполнении оболочки газом.



На рис. 65 ясно видно разделение такелажа на подвесной и привязной.

Весь такелаж состоит, во-первых, из пяти привязных спусков, остающихся без изменения при подвеске как одной, так и двух корзин, спуски переходят в стропы и крепятся к тросам уздеч-

ки, и, во-вторых, из шести подвесных спусков, переходящих также в шесть строп с каждой стороны аэростата, в случае подвески двух корзин, и в три стропы — при одной корзине. Во избежание перепутывания на спусках и стропах сделаны одинаковые цветные перевязки. Соединение строп со спусками при снаряжении происходит согласно инструкции, в соответствии с метками.

Уздечка состоит из четырех тросов, соединяющихся посредством замка с привязным тросом. Подвесные стропы сводятся на деревянную трапецию, на которой подвешена корзина.

Рис. 68 показывает монтаж подвески корзины. К трапеции сводятся три пары строп — по две передних, средних и задних. От трапеции идут корзиночные стропы, которых может быть шесть, как на рис. 73, четыре или восемь. Они крепятся к концам тросов, проходящих через корзину. Вдоль всей верхней части оболочки пришит бивачный пояс с бивачными вставками; назначение его — удерживать аэростат при установке его на биваке. Отрывное полотнище находится в верхней части оболочки Д, разрывная вожжа крепится к точке Л (рис. 65).

Органы устойчивости у аэростата «Како» представляют собой три матерчатых стабилизатора, из которых нижний называется рулевым мешком. Расположение боковых стабилизаторов симметрично под углом в 120° к нижнему. Постоянство формы стабилизаторов поддерживается давлением от потока воздуха, поступающего в улавливатели М на рулевом мешке, и особым внутренним устройством в стабилизаторах.

Как видно на рис. 69, это устройство состоит из веревочных стяжек z и расчалок x. Стяжка предохраняет стабилизатор от раздувания, диагональные расчалки, помимо предохранения стабилизатора от раздувания, воспринимают на себя аэродинамические нагрузки. Все швы прошивают лентами А, В, С, на них нашивают петли, к которым крепят расчалки. Иногда для сохранения формы стабилизаторов применяются вместо веревочных расчалок и стяжек, длина которых во время эксплуатации изменяется (часто неравномерно), продольные и поперечные матерчатые диафрагмы.

В боковые стабилизаторы воздух попадает через рукава ПН

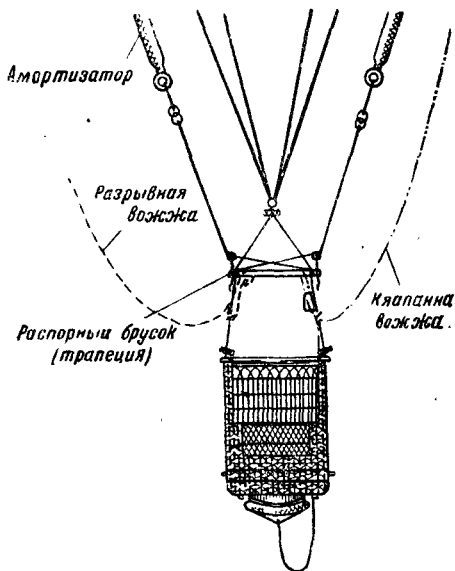


Рис. 68. Схема подвески корзины аэростата „Како“.

(рис. 65); на стабилизаторах имеются отверстия *Р* для выхода воздуха, что особенно важно, когда давление воздуха становится большим. Каждый из боковых стабилизаторов имеет свой аппендикс *С* для выпуска воздуха после подъема при установке на бивак, а рулевой мешок — отверстие *О* для той же цели при складывании оболочки.

В конце мировой войны 1914—1918 гг. и после нее появилось несколько типов аэростатов «Како» с теми или иными незначительными изменениями.

Наибольшее распространение получил аэростат «Како» типа «R» с увеличенным до 1 000 м³ объемом и возможностью подъема двух наблюдателей в одной или двух корзинах на высоту до 1 250 м.

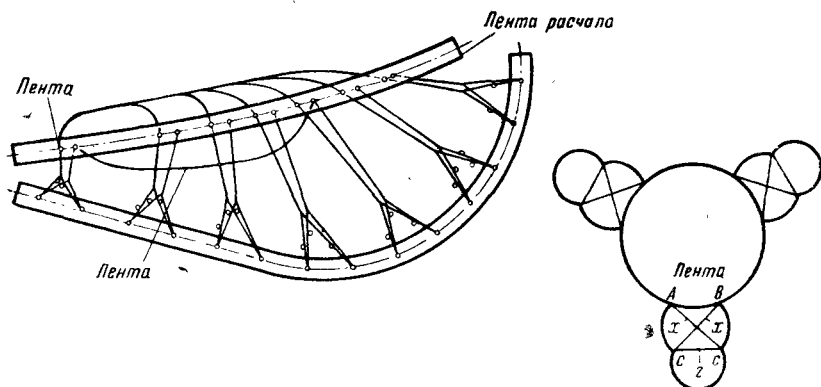


Рис. 69. Устройство стабилизатора аэростата „Како“.

При полной подъемной силе аэростата около 1 100 кг вес всей материальной части равен 600 кг, вес 1 000 м подъемного троса — 370 кг.

Французы аэростат типа «R» выпустили другого объема, а именно — 820 м³, предназначенный специально для работы с морским флотом. Применение этого аэростата было весьма широким и на морских судах и в береговой обороне. Длина аэростата — около 25 м, диаметр — 8 м. Такой аэростат мог подниматься с одним наблюдателем до 1 000 м — высота, вполне достаточная для выполнения почти всех задач на море. Работать он мог при скорости ветра до 25 м/сек. Необходимо отметить, что во Франции эти аэростаты оставались на вооружении до последних лет.

На рис. 71 показан момент смены наблюдателей. Для этой цели применяется веревочная лестница, и аэростат не нужно выбирать на палубу, а следует только достать конец лестницы, подвешенной к гондоле. Каркас гондолы изготавливается из металлических трубок или деревянных планок. Он имеет обтекаемую форму и обтянут материей.

К корзине итальянского аэростата (рис. 70) крепятся индивидуальные парашюты пилотов.

Выбрасываясь из корзины (гондолы) в случае надобности, наблюдатель вытягивает парашют из специального чехла. Неудобство применения таких парашютов очевидно, так как есть большая опасность запутаться, прыгнув, например, по ошибке не с той стороны, где проходят парашютные лямки.

На корзине (гондоле) французского аэростата показано укрепление корзиночного парашюта. В случае необходимости корзину можно легко отцепить от аэростата в воздухе; при паде-

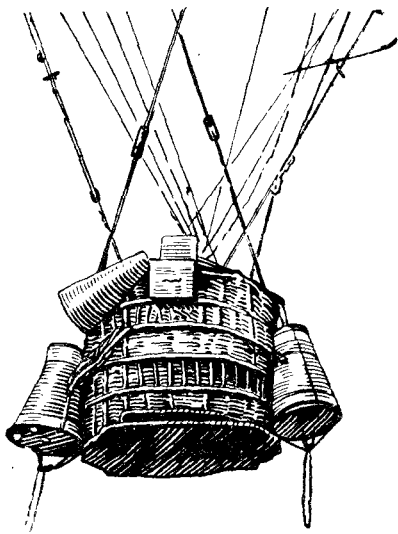


Рис. 70. Корзина итальянского аэростата.

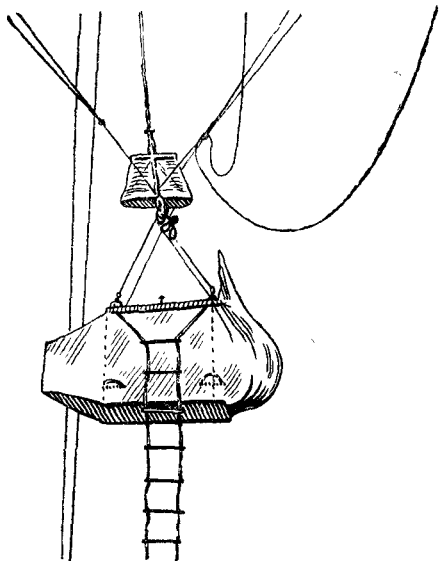


Рис. 71. Корзина французского аэростата.

нии же корзины парашют автоматически раскроется, и она плавно опустится на землю (рис. 71).

В Англии до 1936 г. применялись аэростаты типа «R» объемом 1 000 м³.

На рис. 72¹ показана подготовка аэростата наблюдения к подъему на базе в Larkhill, где проводится обучение летно-подъемного состава, подготовка специалистов по воздухоплаванию, опыты по фотографированию и другие работы.

Кроме аэростата «Како», в Англии применяется и аэростат итальянской системы.

В большинстве других стран применялись аэростаты той же системы «Како» под разными названиями, не имеющие каких-либо конструктивных особенностей. Например, у американцев применялся морской аэростат системы «Како», называвшийся типом «F».

¹ Снимок из английского журнала «Flight» от 9 января 1936 г., стр. 36.

Остановимся на современных итальянских аэростатах наблюдения, называющихся «Аворио Прассоне» («АР»). Основной особенностью аэростатов «АР» является их малое удлинение, не превышающее 2 (рис. 73). Форма этого аэростата — трансформированный сфероид, близкий к шару, что дает возможность при том же объеме, как у аэростата «Како», уменьшить вес оболочки. Выигрыш в весе получается равным 50 кг, меньшая поверхность обуславливает также и меньшую диффузию — газ

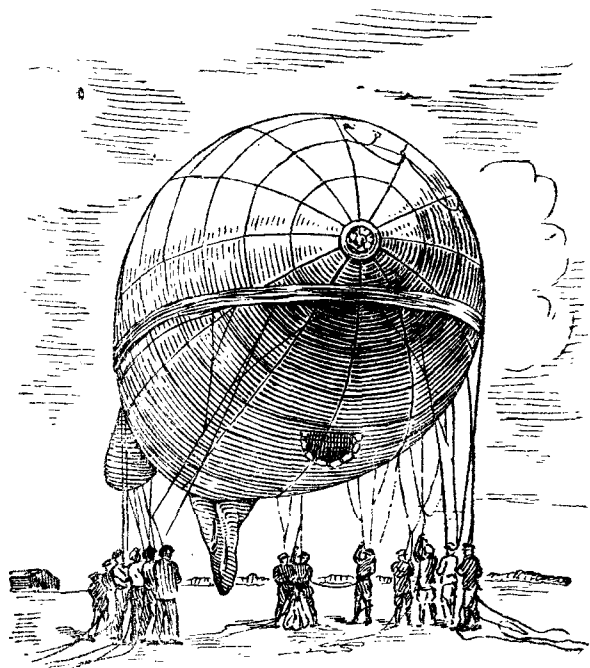


Рис. 72. Английский аэростат наблюдения.

дольше сохраняет свою чистоту. У аэростата «АР» имеются и существенные недостатки: короткие и без спусков, как у «Како», стропы подвесного такелажа каждый рывок и вибрацию аэростата, вплоть до хлопания наполняющихся воздухом стабилизаторов, передают на корзину, что весьма неприятно для наблюдателей. При ветре значительной силы устойчивость «АР» хуже, чем у «Како». Кроме того, близость привязного троса к корзине опасна для прыжка с парашютом вследствие возможности зацепления последнего за трос. Ниже приводим сведенные в табл. 17 характеристики аэростатов «АР» различных объемов, наиболее употребительных в практике.

Первоначально аэростаты «АР» были исключительно баллонетными. В дальнейшем во Франции появились аэростаты с растягивающейся системой; аэростат типа «R» французами был переоборудован без изменения деталей — путем замены баллонета

	Объем аэростата в м³			
	760	960	1 130	1 400
Диаметр миделя (наибольший) . . . м	10,26	10,72	11,46	12,17
Длина оболочки . . . м	14,20	20,70	22,42	23,81
Полный вес оболочки . . . кг	34,80	421,50	481,50	531,50
Вес поясных веревок . . . м	30,00	50,00	56,00	64,00
„ корзины . . . м	32,00	40,00	40,00	40,00
„ газового клапана . . . м	5,00	8,50	8,50	8,50
Полный вес конструкции . . . м	415,00	520,00	586,00	644,00
Полная подъемная сила при $t \approx 0^\circ \text{C}$ и давлении 760 мм . . . м	900,00	1 056,00	1 243,00	1 540,00
Свободная подъемная сила . . . м	485,00	536,00	557,00	896,00
Потолок (высота подъема) с наблюдателем . . . м	800,00	1 500,00	2 000,00	2 500,00

растягивающейся системой, состоящей из двух продольных складок, расположенных симметрично по обеим сторонам аэростата в нижней его части. Складки стянуты поперек резиновыми тяжами, установка которых производится по соответствующим расчетам. Газовый клапан с автоматическим приводом от баллонета был заменен непосредственно действующим автоматически (он же и управляемый) клапаном. Преимущества такой системы очевидны, так как отсутствие баллонета позволило увеличить скорость выбирания, в силу того что давление газа в аэростате поддерживалось путем стягивания складки резиновыми тяжами. Появилась также возможность ограничиться одним клапаном вместо двух и даже трех, как у аэростата «АР», где воздушный клапан устанавливался и в кормовой части. Потери газа при эксплуатации стали меньше, чем при баллонетных аэростатах.

Вслед за французами и итальянцы стали вводить аэростаты с растягивающейся системой. Органы устойчивости аэростата «АР» по форме не отличаются от стабилизаторов «Како», но для большей устойчивости самих стабилизаторов на «АР» устраиваются расчалки.

В США увеличение скорости выбирания баллонетного аэростата было достигнуто тем, что баллонет, в отличие от старых конструкций, когда баллонет был расположен дальше к корме, был выдвинут вперед, к носу. Расположение баллонета в носовой части аэростата позволяет ему принять при выбирании отрицательный угол, отчего сопротивление, создаваемое аэростатом, уменьшается. Вследствие отрицательного угла аэростат заходит вперед лебедки, затем поворачивается и движется на лебедку в противоположном направлении. При выбирании с достаточно большой высоты изменение направления движения аэростата может повторяться несколько раз. Такое движение по винтовой линии превращает аэростат в более трудную цель при атаке его самолетом.

На рис. 73 видно, что разрывное приспособление аэростата «АР» устроено в носовой части в виде треугольного, открывающегося снаружи полотнища 9, при этом разрывная вожба идет по оболочке с внешней стороны.

Примечание. При изложении конструкции аэростата «АР» все цифры относятся к рис. 73.

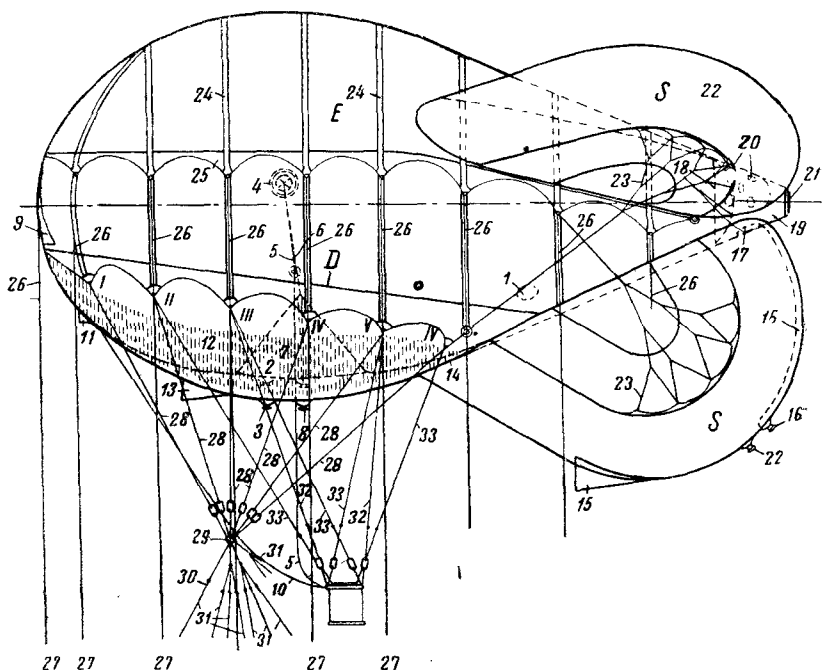


Рис. 73. Схема итальянского аэростата наблюдения «АР».

Е—эллипсоид—газовый баллон, *Д*—диафрагма, образующая баллонет (воздушная камера), *С*—стабилизаторы. 1—аппендикс для наполнения газом баллона, 2—манометрический шланг, 3—отверстие для манометрического шланга, 4—газовый клапан, 5—тяги для ручного управления газовым клапаном, 6—трос для автоматического управления газовым клапаном, 7—матерчатый конус для регулировки автоматического управления газовым клапаном, 8—аппендикс, открываемый для регулировки автоматического управления газовым клапаном, 9—разрывное приспособление, 10—разрывная вожба, 11—аппендикс для выпуска воздуха из баллонета, 12—эластичное расширение баллонета, 13—воздушный улавливатель баллонета, 14—отверстие, сообщающее баллонет с рулевым мешком, 15—воздушный улавливатель рулевого мешка, 16—аппендикс и шланг для наполнения воздухом стабилизаторов, 17—клапан, сообщающий рулевой мешок с воздушным конусом, 18—куполообразная диафрагма, образующая воздушный конус, 19—воздушный конус, 20—отверстие для сообщения между воздушным конусом и стабилизаторами, 21—клапан для выпуска воздуха, 22—аппендикс для опорожнения стабилизаторов, 23—гусиные лапки расчалки стабилизаторов, 24—полосы усиления оболочки, 25—накладка для крепления бивачных или поясных веревок, 26—бивачные вставки, 27—поясные веревки, 28—привязные стропы для привязного троса, 29—металлическое кольцо, 30—привязной трос аэростата, 31—концы крепления центральных поясных веревок и для крепления балластных мешков во время маневрирования, 32—подвесные стропы корзины, 33—стропы диагональной расчалки корзины.

Итальянцы применяют для аэростатов наблюдения исключительно деревянные клапаны, на которых вместо пружин установлены резиновые амортизаторы.

Раскрой оболочки принят меридиональный. Вместо сплошного пояса «Како», на аэростатах «АР» пояс катенарный, т. е. сделан в виде параболических поясов, в кромку которых вшит трос большой прочности для лучшего распределения нагрузок.

К оболочке присоединена подвеска, состоящая из небольшого числа пеньковых веревок. Подвесные стропы (32) идут непосредственно к корзине, не соединяясь на трапеции, как у «Како». Корзиночных строп всего 12. Привязной такелаж образован из 12 веревок, оканчивающихся двумя металлическими кольцами, по одному с правого и левого бортов аэростата. Два кольца соединяются карабином, к которому и крепится привязной трос. Стropy как привязного, так и подвесного такелажа снабжены шкотами для уравнивания их длины, изменяющейся от неравномерного растяжения веревок.

Система регулировки клапана в баллонетном аэростате «АР» примерно такая же, как и у «Како», поэтому разбирать здесь подробно этот вопрос нет никакой необходимости.

Фирма Аворио Прассоне выпускает аэростаты с расчетом преобразования их в самопередвигающийся, моторизованный аэростат, о котором будет сказано ниже.

После удачных опытов по применению аэростатов с растягивающейся системой, проведенных во Франции в 1931—1932 гг., был введен на вооружение еще более усовершенствованный аэростат — типа «БД».

При подъеме аэростата или при увеличении температуры газ расширяется, и его приходится выпускать на воздух. При быстром спуске или при понижении температуры газ в аэростате сжимается, и в тех случаях, когда баллонет не успевает наполниться, аэростат, не имея внутреннего давления, от действия воздушного потока дает «ложку», т. е. получается продавливание носовой части внутрь аэростата. При этом создается весьма сильное натяжение на привязной трос и опасность его разрыва. При нормальном наполнении и работе клапана у аэростатов с растягивающейся системой такого явления быть не может. В этом их преимущество. Кроме того, в баллонетных аэростатах при наполненном баллонете подъемная сила аэростата уменьшается.

Введение аэростата типа «БД» позволило при объемах, меньших, чем у «Како», получить больший потолок — до 2 200 м и обычный рабочий — 1 500 м.

Так же как и всякий аэростат наблюдения, «БД» состоит из оболочки, привязного и подвесного такелажа и корзины (рис. 74 и 74а). Оболочка хорошо обтекаемой формы имеет закругленный нос и конусообразную корму.

Начальный объем, т. е. нормальное выполнение у земли, — 820 м³. Объем выполненного аэростата при подъеме его на наибольшую высоту равен 1 030 м³. Длина оболочки — 30 м, диаметр в миделевом сечении, расположенный в 8 м от носовой точки, — 8,54 м.

Таким образом, удлинение аэростата «БД» — около 3,5. Оболочка его сшивается из шести меридиональных, веретенообразных полотнищ, каждое из которых составлено из 31 трапеции. В кормовой части оболочки пришит конус с образующей, равной 0,9 м.

На оболочке имеются: аппендикс В, служащий для наполнения

и опораживания оболочки от газа; он представляет собой матерчатый рукав длиной около 1 м, диаметром 0,47 м, для обес-

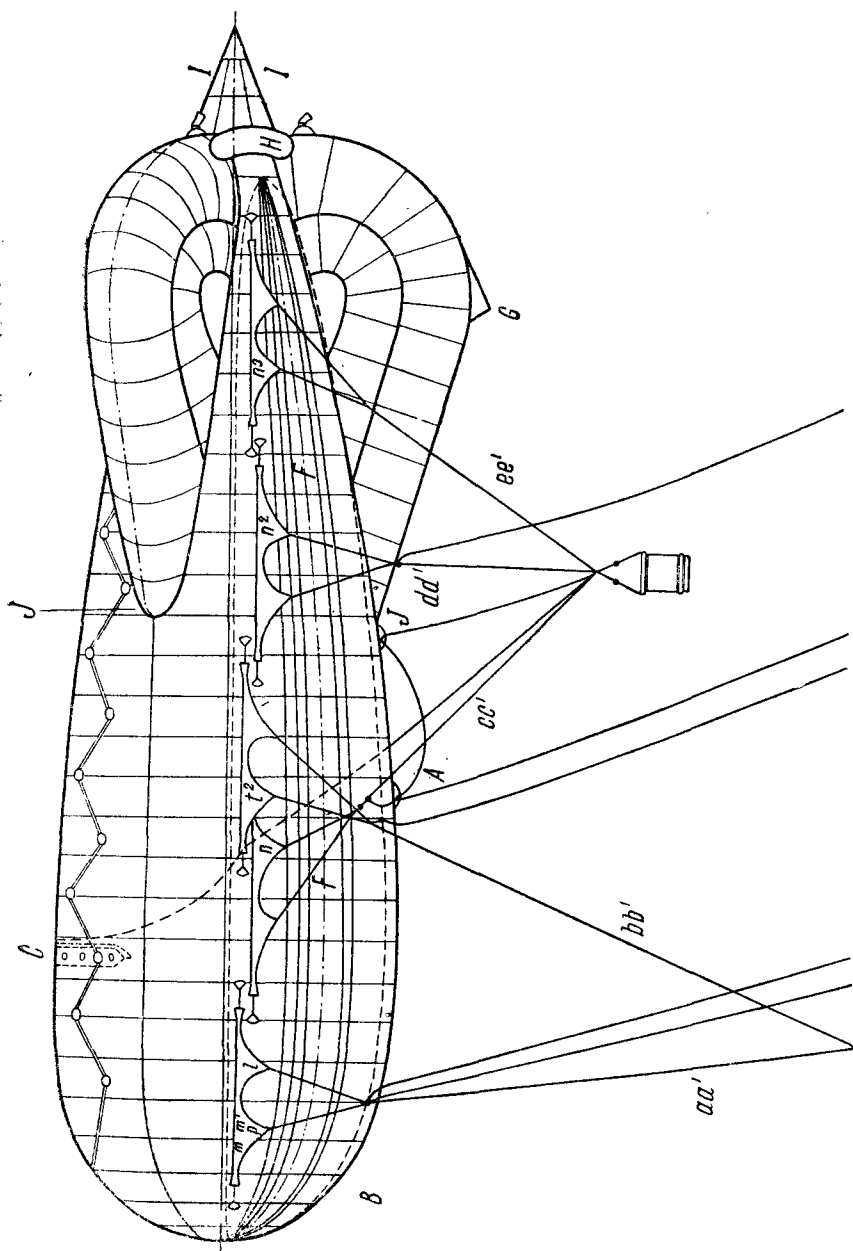


Рис. 74. Схема аэростата „БД“ (вид сбоку):

А — клапан, В — аппендикс, С — отрывное полотнище, D — смотровое окно, E — проход разрывной вожжи, F — растягивающиеся полотнища, G — воздухоулавливатель, H — соединительный рукав, aa', bb' — тросовые стропы, cc', dd', ee' — стропы подвески корзины.

печения возможности пролезания человека внутрь оболочки. Расположение его симметрично относительно продольного нижнего шва. Рубашка аппендикса ло наполнении аэростата

завязывается и убирается внутрь оболочки, а отверстие закрывается матерчатой крышкой, застегивающейся пряжками.

Клапанное отверстие А имеет диаметр от 350 до 400 мм. Оно находится в нижней части оболочки. Клапанное отверстие усилено по краям матерчатыми кольцами, которые прошиваются и проклеиваются лентами.

В 3 см от края отверстия по его окружности пробито 12 отверстий для крепления клапана. Крепление клапана весьма простое. Клапан имеет две кольцевые деревянные планки, на одной из которых укреплены наглухо 12 винтов. Отвинтив барашки, с винтов снимают одну кольцевую планку, затем клапан проталкивают в клапанное отверстие внутри оболочки, и винты проходят в отверстия. На винты с внешней стороны накладывают снятую планку, и клапан барашками прижимается к оболочке. Клапанный механизм оказывается внутри аэростата.

Для герметичности как с внутренней, так и с внешней стороны оболочки под кольца кладут вырезанные в соответствии с размерами клапана резиновые прокладки.

Разрывное приспособление С, служащее, как уже указывалось, для быстрого опораживания оболочки от газа, со-

стоит из отрывного полотнища шириной 0,7 м и длиной 7,5 м. Трапеции оболочки в месте приклейки разрывного полотнища имеют восемь круглых отверстий (каждое диаметром 0,4 м), которые и заклеиваются отрывным полотнищем. Это не исключает возможности разрывного приспособления другой системы. Аэростаты СССР выпускаются с разрывным приспособлением в виде

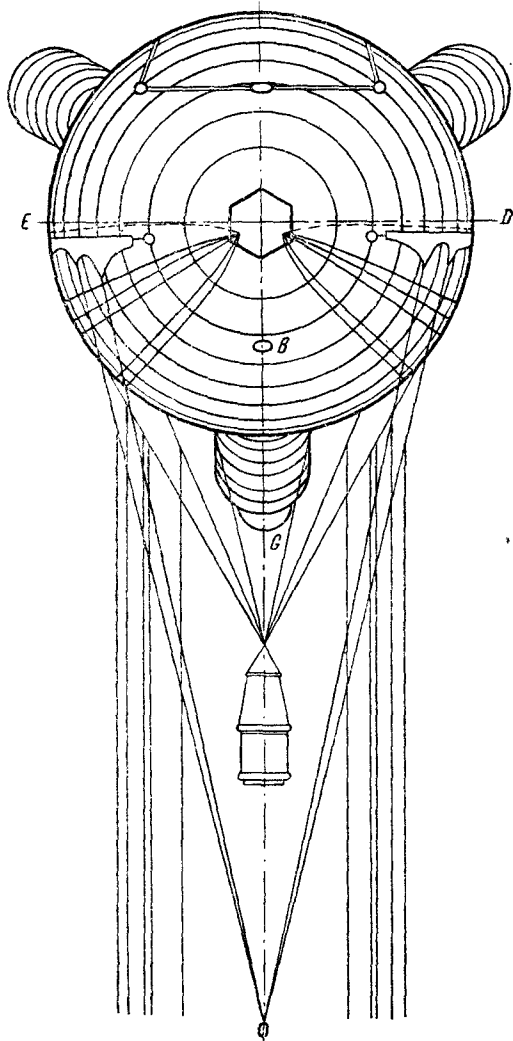


Рис. 74а. Схема аэростата „БД“ (вид спереди).

треугольного полотнища, поставленного в носовой части аэростата.

Разрывная вожжа внутри аэростата прикреплена в нескольких местах к пришитым для этой цели матерчатым ушкам. Она крепится к ушкам нитками, имеющими незначительную прочность, чтобы при надобности их можно было легко разорвать. Разрывная вожжа проходит внутри оболочки и выходит оттуда через алюминиевую трубку. Трубка вставляется в матерчатый шланг, а разрывная вожжа проходит обыкновенную пробку, которой закрыт уширенный конец трубки.

Органы устойчивости аэростата «БД» — матерчатые стабилизаторы, расположенные под углом 120° . Нижний стабилизатор называется рулевым мешком; на нем сделан улавливатель, через

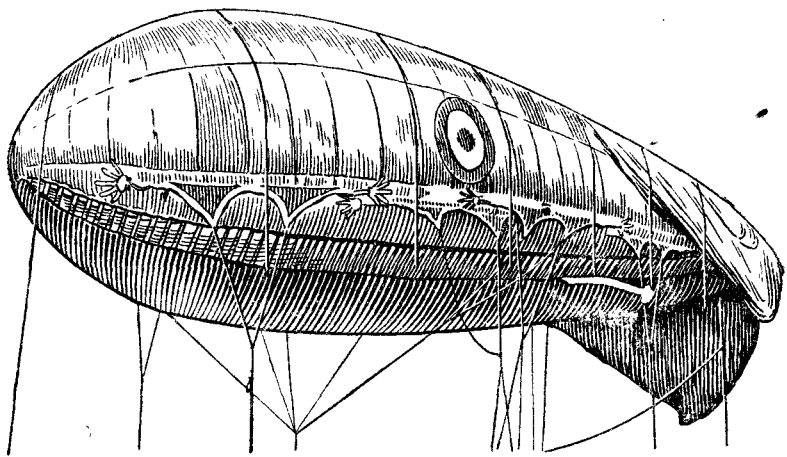


Рис. 75. Французский аэростат «БД».

который в рулевой мешок попадает воздух. Боковые стабилизаторы сообщаются с рулевым мешком посредством рукавов *H*. Каждый из стабилизаторов снабжен аппендиксом *I* диаметром по 0,38 м для выпуска воздуха перед установкой на бивак. В передней части стабилизатора имеются отверстия *J* для выпуска оставшегося при складывании воздуха. На оболочке с обеих сторон вместо сплошного пояса нашиваются четыре-пять параболических (мостовых) поясков.

Например, один из французских аэростатов этого типа, подобный представленному на рис. 75, имеет по четыре мостовых пояска с каждой стороны, из которых два предназначены для привязного такелажа и два — для подвесного. Другие французские аэростаты «БД» имеют по пять мостовых поясков, как это видно на схеме привязного и подвесного такелажа, представленной на рис. 76.

По всем параболическим вырезам поясков заделан стальной 7-мм трос. Из этого же троса образованы петли: две — для крепления такелажа и две — для регулировочной веревки, при помощи которой можно изменять стрелу параболы пояска (рис. 77).

Для привязного такелажа (в схеме на рис. 76) предназначены мостовые пояски I и III с каждой стороны аэростата. К мостовым поясам крепятся веревочные спуски¹, которые через двой-

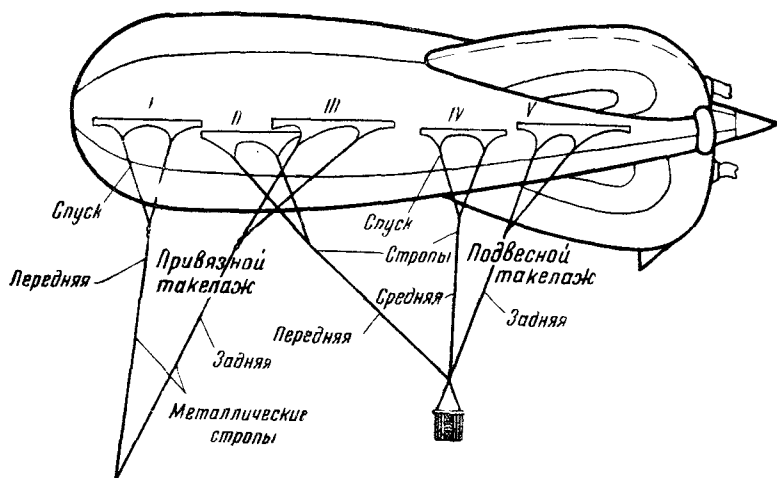


Рис. 76. Схема такелажа аэростата „БД“.

ные петли соединяются с металлической стропой уздечки диаметром 7 мм с кольцами на концах.

Таким образом, четыре металлические стропы уздечки соединяются своими кольцами на соединительной уздечке, связанной с подъемным тросом.

Для подвесного такелажа предназначены мостовые пояски II, IV и V с каждой стороны аэростата. Подвесной такелаж состоит из веревочных спусков и веревочных строп. На рис. 76 видно,

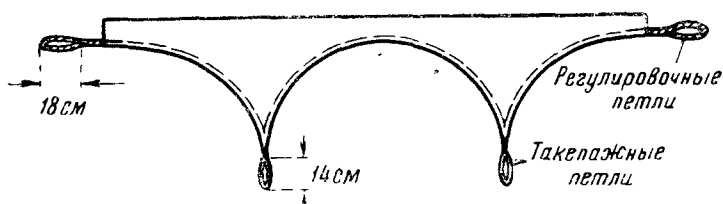


Рис. 77. Параболический пояс на аэростате „БД“ для крепления такелажа,

что с каждой стороны аэростата находятся три корзиночные стропы.

Бивачный такелаж служит для крепления аэростата при стоянке на биваке. Понятно, что при эксплуатации аэростата в полевых условиях не всегда можно подобрать такой бивак, чтобы

¹ Приблизительные размеры деталей такелажа будут даны ниже, в отдельной таблице.

аэростат был укрыт от ветра. Следовательно, аэростат может часто находиться на открытом, незащищенном биваке. Тогда би-

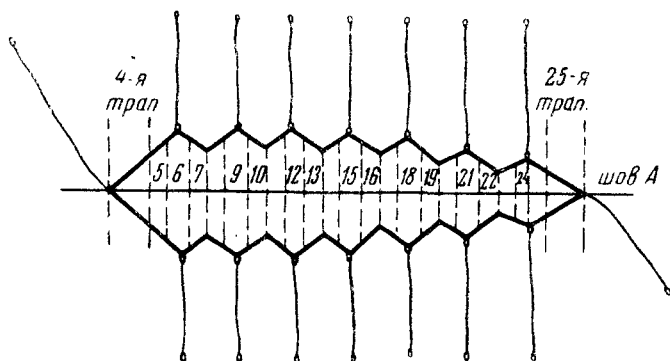


Рис. 78. Бивачный пояс аэростата „БД“.

вачный пояс воспринимает все ветровые нагрузки, достигающие иногда большой силы. Поэтому бивачный пояс, неразрывно свя-

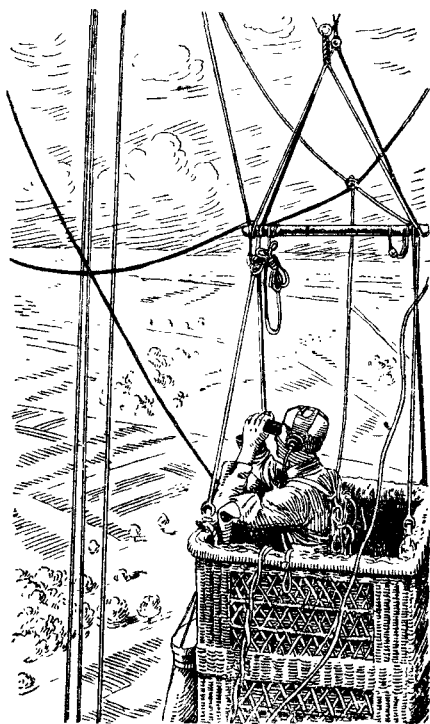


Рис. 79. Подвеска корзины аэростата наблюдения.

занный с оболочкой аэростата в его спинной части, сделан из прочной парусины, тщательно пришит и приклеен к оболочке (рис. 78). По углам бивачного пояса устроены петли, к которым крепятся так называемые бивачные оттяжки — их всего 16 штук, по семи — с бортов и по одной — с носа и кормы. Длина бивачных оттяжек — до 5 м.

Для маневрирования с аэростатом на мостовых поясах прикрепляются поясные веревки длиной до 15 м, по шести с каждой стороны, за которые аэростат и удерживается, когда он выбран лебедкой к земле, например при смене наблюдателей.

Разрывную вожду и клапанную веревку крепят, как обычно, со слабиной и предварительно их закрепляют на предохранительных карабинах.

Если применяется корзина, то ее размеры и оснастка почти не отличаются от оснастки в других системах. Необходимо сказать, что подвеска корзины

к стропам осуществлена через деревянную трапецию, как на рис. 74 и 79.

Растягивающаяся система аэростата «БД», позволяющая оболочке увеличивать свой объем с высотой с 820 до 1 030 м³, выполнена в следующем виде. Вдоль оболочки, от носа до кормы, в нижней ее части размещены, по одному с каждой стороны, растягивающиеся полотнища, которые при нормальном выполнении у земли (в данном случае 820 м³) стянуты резиновыми амортизаторами и образуют складки. Распределение амортизаторов (тяжей) производится по специальному расчету.

При подъеме или разогреве расширяющийся газ вытягивает резиновые тяжи, расправляя складки полотнищ; при снижении аэростата или при падении температуры газ сжимается, и резиновые тяжи начинают сокращаться по длине, тем самым постоянно поддерживая давление в аэростате, благодаря чему сохраняется форма аэростата.

Так как резиновые тяжи, в данном случае диаметром около 9 мм, при большем их растяжении требуют большего усилия, то ясно, что по мере увеличения аэростата в объеме давление газа внутри оболочки возрастает. Автоматический клапан оттарирован таким образом, что при повышении давления, например, до 45 мм вод. ст., т. е. до нагрузки на материю в 45 кг/м, он начинает открываться и выпускать газ. Этим оболочка обеспечивается от опасности разрыва. На рис. 80 показана схема расположения резиновых тяжей. Для прикрепления резиновых тяжей на оболочке с внутренней и наружной сторон пришиваются по четыре пояска, к которым пришиваются матерчатые шайбы специального фасона на расстояниях друг от друга в соответствии с расчетом¹.

К люверсам шайб крепятся резиновые тяжи, которые и образуют складку АВВА. Необходимой принадлежностью аэростатов с растягивающейся системой является контрольная лента (репер). Прикрепляется она с наружной стороны оболочки в средней ее части. Одним концом она закреплена на верхней (или нижней) кромке растягивающегося полотнища, а свободным концом проходит через матерчатую петлю на нижней кромке того же полотнища. Эта лента измеряет поперечник растягивающегося полотнища. Три отметки на контрольной ленте показывают: желтая — минимальный объем, при котором аэростат может со-

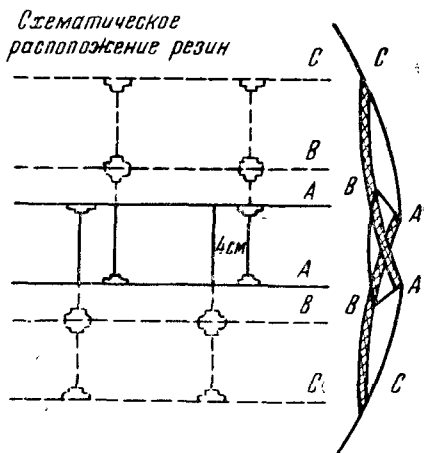


Рис. 80. Схема расположения резиновых тяжей на оболочке аэростата.

¹ Каждый аэростат имеет таблицу резиновых тяжей, в соответствии с которой и устанавливается длина тяжей. Такая же таблица дается в инструкциях по эксплуатации аэростатов.

держаться на биваке, красная — объем перед подъемом и черная — максимальный объем аэростата.

Ниже (табл. 18) приведены перечень и характеристика такелажа аэростата «БД».

Таблица 18

Наименование частей такелажа	Приблизительные размеры в м	Количество в штуках	Примечание
Привязной такелаж			
Первый и третий мостики			
а) спуски	4,5—4,7	2	Веревка 12—14 мм
б) двойные петли	0,7	2	
Стропы	12,3—13,6	4	Стальной трос 7 мм
Подвесной такелаж			
Второй, четвертый и пятый мостики			
Спуски	5,4—5,7	6	Веревка 10—14 мм
Стропа передняя	9,0	2	
„ „	5,5	2	
„ задняя	7,0	2	

Постройка оболочек и такелажа производится с расчетом обеспечения наибольшего запаса прочности. Таким образом, по эксплуатационным данным и по простоте обслуживания аэростат типа «БД» по сравнению с аэростатами баллонетными значительно выгоднее. Улучшенная аэродинамическая форма аэростата «БД» дает возможность для работы при ветре скоростью до 25 м/сек на тросах диаметром от 5,5 до 7,5 мм.

Необходимо отметить, что подвеска у аэростата «БД» закреплена так, что он не может изменять угол атаки в зависимости от силы ветра¹.

Обычно эксплуатационный угол атаки аэростатов такой системы колеблется от 8 до 12°, и аэростат в воздухе стоит на тросе с несколько приподнятым носом, что видно на рис. 81.

Достижения воздухоплавательной техники в большинстве стран держатся в секрете, и только некоторые из них, попадая в печать, становятся известными.

К одному из новых аэростатов относится аэростат наблюдения типа «К» немецкой фабрики Редингер в Аугсбурге.

Оболочка этого аэростата сшита из двухслойной баллонной материи, диагонально-дублированной. Дублировка полотнищ произведена, как и обычно, при правом и левом расположении косякового слоя, чтобы устранить скручивание корпуса аэро-

¹ Углом встречи, или углом атаки, называется угол между направлением ветра и продольной осью аэростата.

стата. Раскрой оболочки меридиональный. Аэростат «Редингер» — переменного объема, т. е. с растягивающейся системой.

Органами устойчивости являются три стабилизатора, расположенные один к другому под углом 120° . Два боковых стабили-

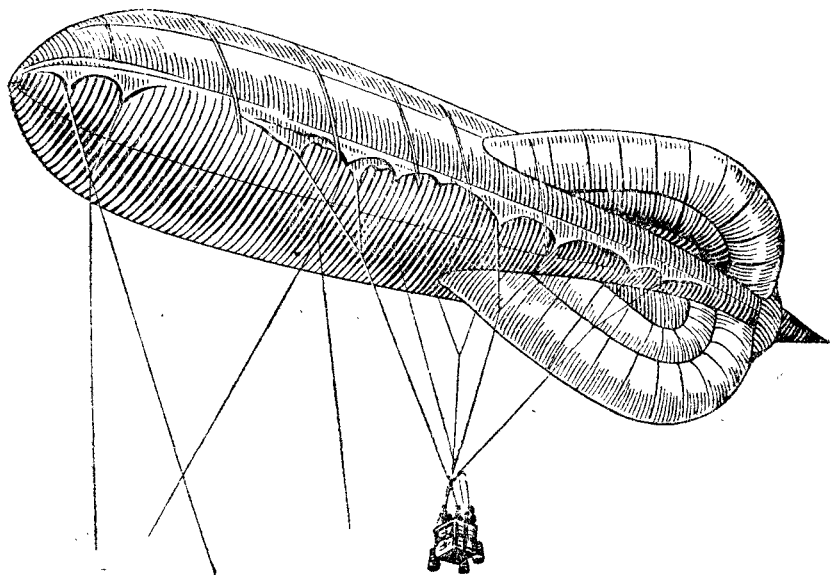


Рис. 81. Французский аэростат „БД“ в воздухе.

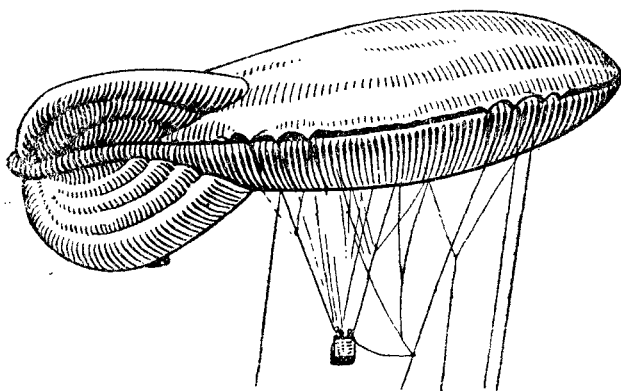


Рис. 82. Немецкий аэростат наблюдения типа „К“.

затора соединены с корпусом аэростата и наполняются газом, что является неудобством при установке на бивак или при переходе с аэростатом, так как габариты оперения в наполненном состоянии, хотя и незначительно, выходят из габарита корпуса.

Оперение на аэростатах типа «К» имеет более благоприятный профиль, а следовательно, и меньшее сопротивление. На рис. 82

видно, что оперение аэростата типа «К» имеет более мягкие закругления, причем поперечное сечение стабилизаторов уменьшается к корме, представляя собой более обтекаемую форму.

Внутренние пояса и тросы предохраняют стабилизаторы от раздувания. Размеры боковых стабилизаторов меньше нижнего, который изготовлен из простого полотна такого же цвета, как и оболочка. На рулевом мешке имеется ветроулавливатель, снабженный возвратным клапаном, т. е. автоматически закрывающейся пластинкой, пропускающей воздух только в рулевой мешок и не дающей ему возможности выходить обратно.

Подвесные пояса выполнены отчасти как параболы, отчасти как люверсные пояса.

Главной особенностью аэростата «К» является монтаж привязного и подвесного такелажа. Последний состоит из разных вилкообразных сочленений с вставленными в них роликами, которые дают возможность уравновесить силы в этой веревочной системе. Две главные группы привязного такелажа, на каждой стороне аэростата, сводятся на тросовую уздечку, в средней части которой скользит уздечковый блок; с ним соединяется привязной трос. В уздечке имеются ограничители; блок может свободно кататься до них. Доходя до ограничителя, блок создает наибольший допустимый положительный или отрицательный угол атаки аэростата. Подвесной такелаж состоит, так же как и привязной, из вилкообразных разветвлений с роликами. Эти вилкообразные разветвления сводятся к тросовым корзиночным стропам. Подвижной (бегучий) такелаж, кроме уравнивания сил, дает возможность аэростату, в зависимости от скорости ветра, менять угол атаки автоматически, уменьшая этим сопротивление. Это позволяет использовать аэростат при большой скорости ветра. Раскачивание корзины, затрудняющее работу при ветре большой скорости, в данном аэростате отсутствует. Аэростат благодаря скользящей подвеске может при выборе угла устанавливаться с выгодным углом наклона (носом несколько вниз), что значительно уменьшает натяжение привязного троса и создает возможность выбора аэростата с большей скоростью. В остальных деталях аэростат типа «К» мало чем отличается от аэростатов других типов.

18. Моторизованные аэростаты наблюдения

По условиям службы аэростатов наблюдения возможно частое их перебазирование. Аэростат необходимо или освободить от газа, чтобы затем вновь наполнить на новом месте, что сопровождается потерей времени и газа, требует транспорта на подвозку труб в новое место базирования, или переносить его в наполненном состоянии походным порядком на руках команды или лебедкой. Так как транспортировка по суше привязных аэростатов наблюдения, готовых к подъему, затруднительна вследствие многих препятствий на пути следования (телефонные, телеграфные линии, линии высокого напряжения, каналы, лесные дороги

и пр.), то в последние годы стали применять аэростаты со вспомогательной гондолой, на которой установлен мотор.

Это уже небольшие дирижабли, с тем, однако, различием, что у них имеется в виду их привязное состояние как аэростата наблюдения. Перелет такого аэростата возможен на расстояние до 150 км. При наполнении его в тылу он самостоятельно перелетает на место назначенной позиции.

На морских театрах такой аэростат может выполнять самостоятельные задачи в прибрежной полосе и бухтах. За последние годы моторизованные аэростаты появились во многих странах.

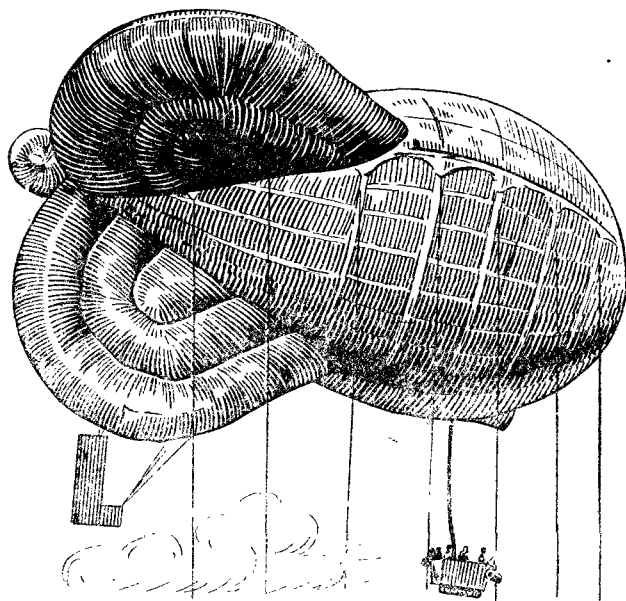


Рис. 83. Итальянский моторизованный аэростат.

Первоначально моторизованные аэростаты были построены в Италии и Германии. Итальянский моторизованный аэростат баллонетного типа (впоследствии с растягивающейся системой) по своей конструкции и объему не отличается от описанного выше аэростата «АР», только корзина у него заменяется моторной гондолой и добавляется руль направления (рис. 83).

На трансформацию (превращение) аэростата в моторный требуется не более 30 минут. Трансформация производится довольно просто: с оболочки снимаются стропы привязного и подвесного такелажа, надетые на карабинах, и на эти места на карабинах же прицепляются тросы от моторной гондолы. Тросы все пронумерованы. Воздухоулавливатель на нижнем стабилизаторе завязывается, и от него в гондолу к ручному вентилятору протягивается шланг для подкачки воздуха в стабилизаторы во время полета. Давление в стабилизаторе необходимо иметь, так как он несет руль направления.

На стабилизатор, в нижней его части, пришнуровывается и рассчитывается рама из стальной трубы, на которой надет компенсированный руль (рис. 84). Тяги от руля идут в гондолу. В первом

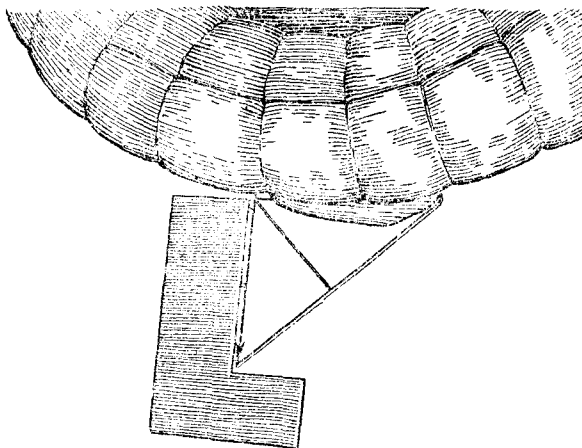


Рис. 84. Крепление руля на стабилизаторе.

типе такого аэростата на гондоле устанавливался план руля высоты, но в дальнейшем от него отказались, маневрируя для изменения высоты газом и балластом.

Гондола для двух-трех человек сделана из стальных труб и обтянута материей. Длина гондолы — 3,5 м, ширина у основания — 1 м, высота — 1,5 м. В гондоле находятся баки с бензином

и маслом, приборы, гайдроп и пр. Под гондолой смонтирован матерчатый мешок (амортизатор), накачиваемый воздухом, смягчающий при посадках удары о землю. Для перевозки гондолы по земле она ставится на специальную тележку.

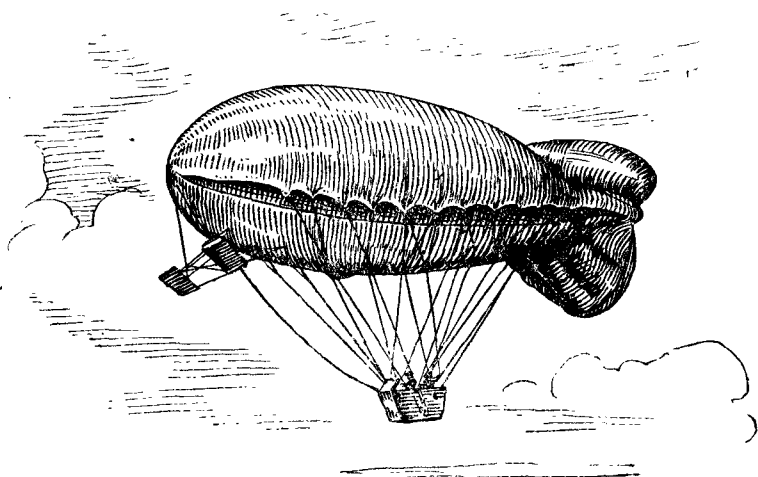


Рис. 85. Моторизованный аэростат Редингера.

Полезная подъемная сила такого аэростата — около 500 кг, потолок — до 1500 м, мотор — звездообразный, воздушного охлаждения, 40—45 л. с., скорость полета — до 40 км/час. Скорость этого аэростата явно недостаточна, так как обеспечивает пере-

броску аэростата по воздуху только при отсутствии сильного ветра.

Конструкция моторизованного аэростата в Германии выполнена фабрикой Редингер. Для этой цели был использован аэростат типа «К» с растягивающейся системой (рис. 85). Данные аэростата: объем — 1 400 м³, длина — 34 м, мидель — 9,87 м, мотор — 60 л. с., скорость — 47 км/час. Руль расположен в носовой части.

Испытания моторизованных аэростатов в США дали также положительные результаты. Интересно отметить, что американский аэростат (рис. 86 и 86а) может быть пришвартован к небольшой причальной мачте, установленной на лебедке, что весьма удобно при эксплуатации. Объем американского моторизованного аэростата — около 1 000 м³. Аэростат — баллонетный. Превращение моторизованного аэростата в привязной и обратно совершается в 7—8 минут. Для этого нужно отцепить от гондолы тросы подвески только в четырех точках и присоеди-

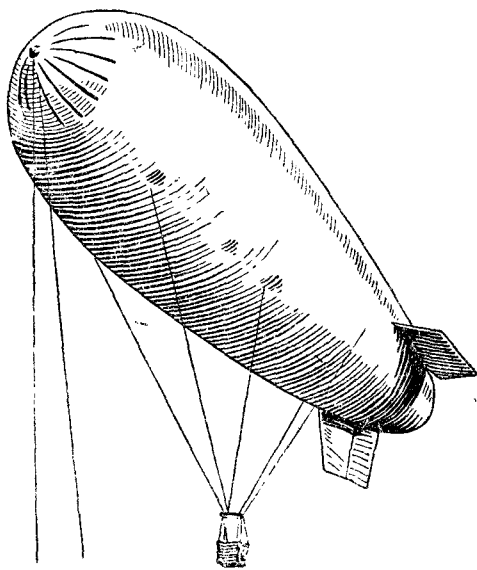


Рис. 86. Моторизованный аэростат „С-6“ в привязном состоянии.

нить к ним корзину. При применении аэростата в привязном состоянии рули закрепляются в нейтральном положении. Устой-

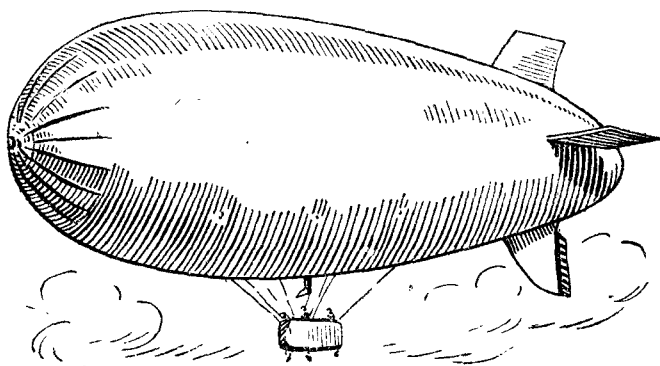


Рис. 86а. Моторизованный аэростат „С-6“ в полете.

чивость аэростата хорошая. Для поддержания формы моторизованного аэростата в струе воздуха от винта устанавливается легко снимающийся металлический ветроулавливатель. В привязном состоянии аэростата для этой цели на нижней части

оболочки устанавливается небольшой вентилятор, приводимый в движение аккумулятором, подвешенным снаружи к корзине. При необходимости увеличить давление в оболочке пилот должен на несколько минут включить вентилятор. Пока применяется корзина старого образца, но проектируется металлическая, обтекаемой формы. Наполняется аэростат гелием, поэтому опасность пожара на нем минимальная, и аэростат менее уязвим для воздушных атак. Для обслуживания требуется 32 человека команды вместо 62 на аэростате старого типа.

Во Франции еще в 1933 г. фирма Зодиак выпустила моторизованный аэростат с переменным объемом (с растягивающейся системой). Операция замены корзины гондолой осуществлялась за 6½ минут. В гондоле был установлен мотор в 60 л. с. Объем этого аэростата — около 980 м³, скорость полета достигала 40—42 км/час. В 1934 г. эта же фирма выпустила улучшенный, более усовершенствованный тип аэростата.

Для этой цели был использован аэростат наблюдения типа «БД» с изменяющимся объемом от 820 до 1 030 м³, названный «MBZ». Заменить корзину моторной гондолой очень несложно. Нужно отсоединить три пары строп от корзины и две пары от привязного троса, к концам этих строп прицепить моторную гондолу — и аэростат готов к полету.

Было сделано еще приспособление, позволяющее изменять у земли площадь нижнего стабилизатора.

Моторная двухместная гондола представляет собой деревянный фюзеляж самолетного типа. Непосредственно на гондоле установлены рули глубины (впереди), в виде самолетной плоскости, и руль направления (позади). Таким образом, гондола всегда готова к полету и не требует установки и крепления рулей на оболочку, как у аэростата «АР». Благодаря тому, что гондола по длине значительных размеров, управляемость аэростата хорошая. Гондола для передвижения по земле снабжена съёмным шасси. Потолок аэростата «MBZ», в зависимости от чистоты газа, — от 600 до 1 200 м. В гондоле установлен один мотор «Сальмсон» в 60 л. с., при котором можно развивать скорость полета до 50 км/час с запасом горючего на 2 часа полета.

Дальнейшей ступенью в развитии моторизованных аэростатов является выпуск фирмой Зодиак аэростата конструкции Эмишена, названного «ВДН2». Гондола легко отсоединяется от аэростата и заменяется корзиной или обтекаемой гондолой, и аэростат сдается в воздух на привязном тросе, как обычный аэростат наблюдения. Замена гондол продолжается не более 10 минут. На гондоле установлен один мотор «Сальмсон» в 135 л. с. Мотор посредством конической шестеренной передачи вращает два металлических винта с переменным шагом, создающим поступательное движение со скоростью до 70 км/час. Этот же мотор вращает два отнесенных к середине гондолы деревянных винта с поворачивающимися осями, могущие давать или силу тяги, или подъемную силу. Повернутые под углом деревянные винты дают одновременно слагающие и силы тяги и подъемной силы (поло-

жительной или отрицательной). При помощи этих винтов аэростат «ВДН2» может подниматься почти по вертикали и с помощью особых якорей (гарпунов) самостоятельно пришвартовываться. Аэростат «ВДН2» с растягивающейся системой имеет длину 29,4 м, диаметр в миделе — 8,6 м (рис. 87).

Оперение сделано жестким — деревянные нервюры, обтянутые материей. Все четыре стабилизатора пришнурованы к оболочке и расчалены. Основное неудобство этой конструкции — нижний стабилизатор, который при эксплуатации аэростата в привязном

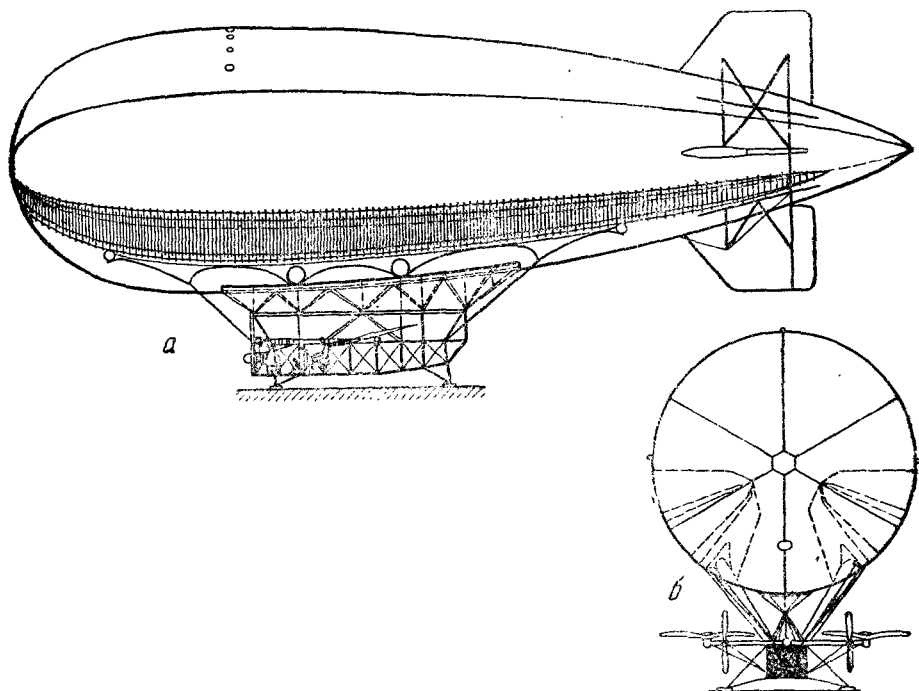


Рис. 87. Схема моторизованного аэростата Эмишена «ВДН2»:

а — вид сбоку, б — вид спереди.

состоянии во время подтягивания и стоянки на биваке невозможно прижать к земле.

Во Франции был еще спроектирован моторизованный аэростат наблюдения типа «SIS» с растягивающейся системой в виде одного стягиваемого резинками полотнища в нижней части оболочки. Объем на земле — около 900 м³, максимальный — 1 100 м³. Размеры аэростата: длина — 28,6 м, наибольший диаметр при полном выполнении — 9,6 м, при наполнении перед подъемом — 8,7 м. Оболочка аэростата сделана по типу «БД». Высота подъема на тросе с диаметром 6,8 мм — до 1 500 м. Трос с телефонным сердечником внутри, с прочностью на разрыв 3 400 кг. Оперение этого аэростата тоже жесткое. Вертикальный стабилизатор имеется только в верхней части аэростата. Оболочка

такого же типа, как у обычного аэростата наблюдения. Корзина обтекаемой формы, имеет отцепное приспособление и корзиночный парашют. Гондола имеет форму самолета. На крыльях установлены два мотора. Функцию рулей выполняют моторы, так как они установлены таким образом, что могут поворачиваться вверх, вниз и в стороны. Таким образом, при динамическом спуске моторы должны быть повернуты винтами вниз, при подъеме поворачиваются вверх, при повороте по кругу — в разные стороны. На аэростате предусмотрено носовое усиление, так как скорость полета такого аэростата должна быть 21 м/сек (75 км/час). Запас горючего — на 2—2½ часа полета.

19. Аэростаты заграждения (АЗ)

Как уже указывалось в главе III, аэростаты заграждения появились в последние годы войны 1914—1918 гг. Так же как и аэростаты наблюдения, они разных систем — и баллонетные и переменного объема, т. е. с растягивающейся системой. Остановимся вкратце на конструкции нескольких АЗ.

В Италии применяли аэростаты заграждения разных систем. Например, баллонетный аэростат одиночный, объемом 500 м³,

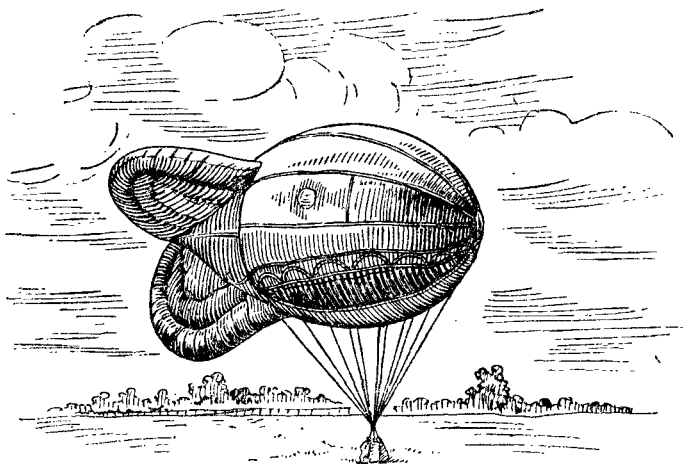


Рис. 88. Итальянский аэростат заграждения.

поднимали на высоту до 5 000 м на тросе диаметром около 3,5 мм. В сравнении с описанным выше итальянским аэростатом наблюдения каких-либо конструктивных особенностей в этом аэростате нет. Другой итальянский аэростат заграждения, объемом до 200 м³ (рис. 88), с растягивающейся системой, предназначен для подъема на высоту до 4 000 м в спаренном виде, на одном тросе, с интервалом между верхним и нижним аэростатами в 2 000—2 500 м. Форма аэростата остается такой же характерной, как и в применяемых аэростатах наблюдения, — весьма ма-

лое удлинение, раскрой оболочки меридиональный. Французские аэростаты заграждения отличаются от итальянских не только формой, но и многими деталями. Во Франции аэростаты заграждения конструируются исключительно с растягивающейся систе-

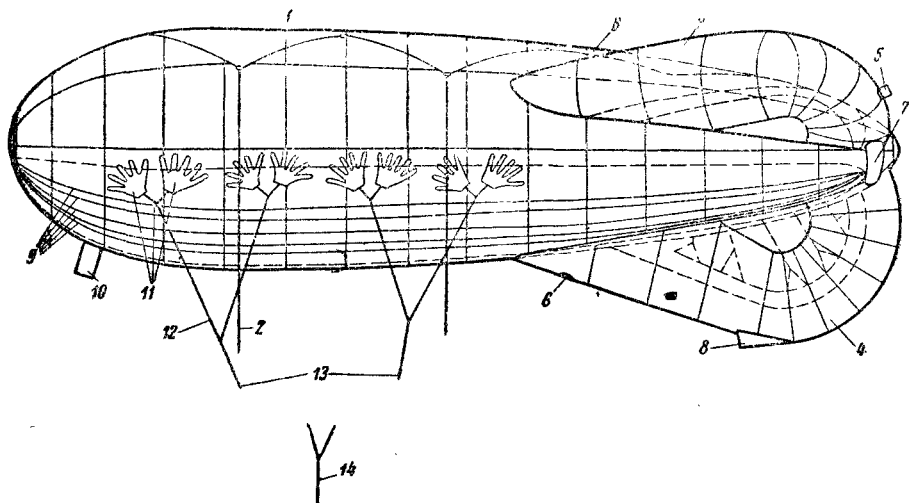


Рис. 89. Аэростат заграждения французской системы:

1—бвнчнй пояс, 2—бвнчнй веревки, 3—стабнлнзатор, 4—рулевой мешок, 5—аппенднкс, 6—отверстне для удалення остатка воздуха, 7—рукав, соединяющнй стабнлнзаторы, 8—воздухоулавлнватель, 9—растягнвающаяся система, 10—аппендкс для наполненя аэростата газом, 11—мостнки н гуснныя лапки, 12—спускн, 13—стропы, 14—прнвнзной трос.

мой (рис. 89) различных объемов, что дает различную высоту подъема. Установившийся тип АЗ, принятый на вооружение во Франции, имеет данные, приводимые ниже.

Верхний аэростат «NN»:

объем на земле	170 м ³
„ максимальный	280 „
длина	171,0 м
диаметр в миделе	5,7 „
удлинение	3,0 „
вытягивает троса	2 500 м
трос диаметром	от 3 до 4 мм
прочностью	до 1 400 кг

Нижний аэростат «N»:

объем на земле	170 м ³
„ максимальный	215 „
длина	17,0 м
диаметр в миделе	5,0 „
удлинение	3,4 „
вытягивает троса	2 000 м

Обычно эти аэростаты поднимаются на одном тросе один за другим с интервалом между аэростатами в 2 500 м. Высота

подъема спаренных АЗ (тандем) достигает 4 500 м. Работать можно при скоростях ветра до 15 м/сек. Баллоны аэростатов построены из двухслойной прорезиненной хлопчатобумажной материи диагональной склейки. Аэростат сшит из девяти веретенообразных полотнищ, каждое из которых, в свою очередь, сшивается из 18 трапеций. Растягивающиеся полотнища находятся в нижней части оболочки и идут вдоль всего аэростата по одному с каждой стороны. В носовой части имеется аппендикс диаметром 0,4 м, с рукавом длиной 1 м для наполнения и подполнения аэростата газом и для выпуска его. Органы устойчивости — в виде трех матерчатых стабилизаторов из однослойной прорезиненной материи. Два боковых стабилизатора расположены под углом 120° по отношению к вертикально расположенному рулевому мешку. В рулевом мешке имеются ветроулавливатели и стабилизаторы, которые при подъеме довольно быстро наполняются воздухом. Рулевой мешок полуциркульными рукавами соединяется со стабилизаторами. На стабилизаторах для быстрого выпуска из них воздуха после подъема имеются аппендиксы. Перед подъемом они завязываются; отверстия в стабилизаторах служат для выпуска оставшегося при складывании оболочки воздуха. Внутренние расчалки обеспечивают стабилизаторам сохранение формы.

Привязной веревочный такелаж, соединяющийся через замок с привязным тросом, весьма прост. На аэростате с каждой стороны нашито по восьми матерчатых лап, в которые вшиты деревянные костыльки. Костыльки по два соединяются веревкой (гусиная лапка) длиной около 0,5 м. Две гусиные лапки соединяются веревками (спуски) длиной: передняя — 10,55 м, задняя — 9,4 м. Соединение гусиных лапок со спусками — подвижное, на металлических коушах, обеспечивающих равномерное распределение нагрузок. Длину любого спуска можно регулировать, перевязывая на нем узел; от спусков идут стропы длиной: передняя — 7,45 м и задняя — 6,9 м. Стропы соединяются со спусками также через коуши. Таким образом, все четыре стропы, по две с каждой стороны, сходятся в точку, где соединяются с привязным тросом или непосредственно через замок, или при помощи дополнительных веревочных петель. Бивачный пояс, нашитый по верхней части оболочки, служит для привязывания аэростата на биваке при помощи бивачных веревок, снимаемых перед подъемом. Растягивающаяся система — в виде двух полотнищ со складками, стянутыми поперек резинками на расстояниях друг от друга соответственно расчетам. Резинки в данной системе применяются круглые, в оплетке, но могут быть и без нее.

С обеих сторон баллона аэростата, выше растягивающейся системы, нашиты контрольные ленты (репер). Отметки на репере служат указанием, до какого предела наполнять аэростат на земле. Точно так же лента, перетягиваясь по матерчатой перемычке во время подъема на высоту, при выборе останется на месте и покажет степень выполнения аэростата на той высоте,

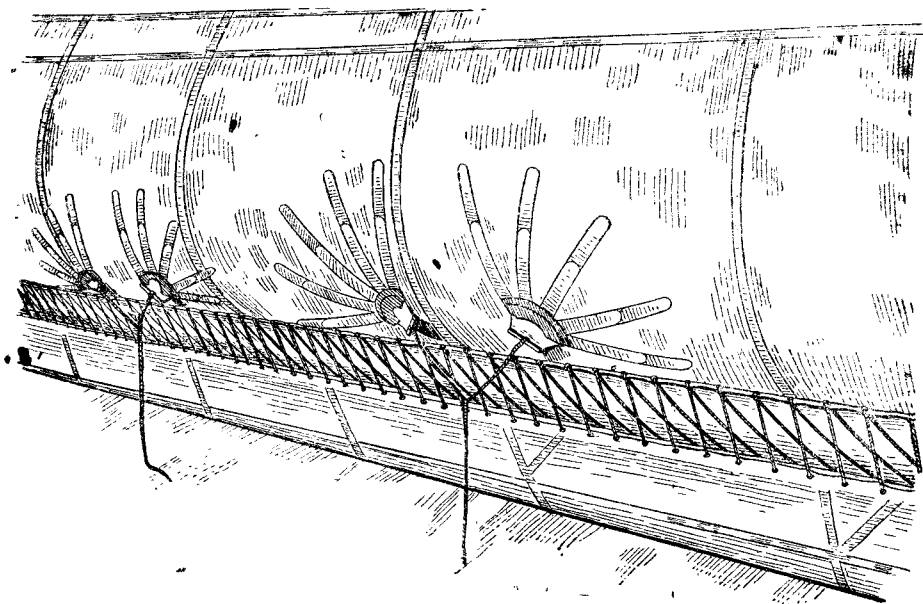


Рис. 90. Растягивающееся полотнище при начальном выполнении аэростата.

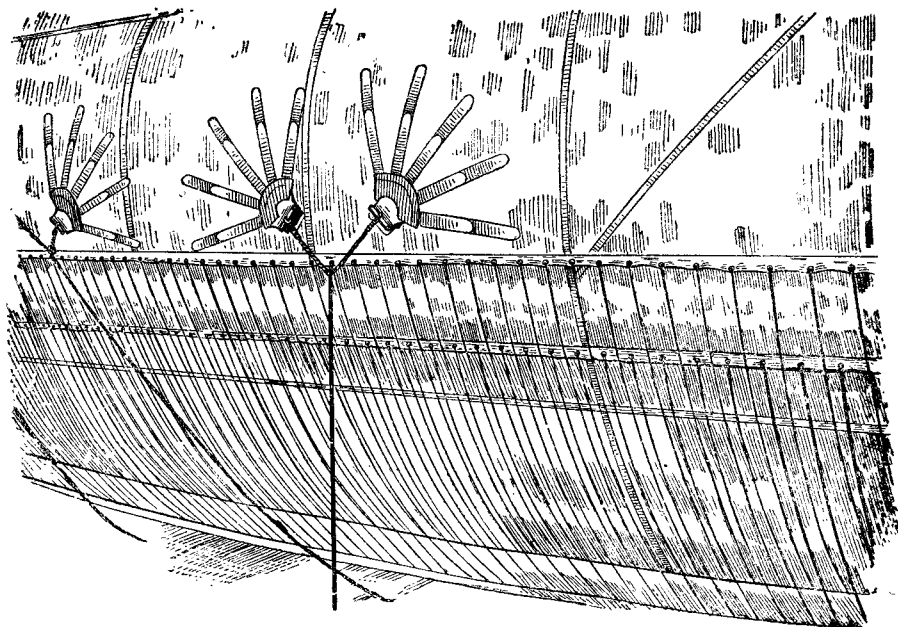


Рис. 91. Полотнище при полном выполнении аэростата.

которой он достиг. Если на рис. 90 растягивающееся полотнище показано в положении, близком к наполнению перед подъемом, то рис. 91 показывает положение резинок при полном выполнении на статическом потолке.

В Англии применяются баллонетные аэростаты объемом до 650 м^3 , причем их подъем в одиночном порядке производится на тросах диаметром до 8 мм и с прочностью на разрыв не менее 4 000 кг. Высота подъема с таким тяжелым тросом незначительна — около 1 700 м, но англичане считают, что эти аэростаты, поднятые на такую высоту, являются препятствием для самолетов, заставляя их проходить над целями выше аэростатов.

В заключение укажем на проект аэростатов заграждения французской фирмы де-Серкиньи, рассчитанных на подъем до 8 000 м (два аэростата — тандем) и до 10 000 м (три аэростата — триплет). Оболочку для облегчения материальной части изготавливают из шелка. Объемы, конечно, значительно большие, чем у менее высотных аэростатов, а именно порядка 460 м^3 на земле и 835 м^3 на статическом потолке. Длина такого аэростата — около 30 м и диаметр на земле — 6,2 м.

20. Управляемые аэростаты (дирижабли)

(Общие положения)

Дирижабли часто называют управляемыми аэростатами или воздушными кораблями. Конструкции дирижаблей чрезвычайно разнообразны. Остановимся лишь на дирижаблях последних лет и рассмотрим конструкции типичных воздушных кораблей.

21. Мягкие дирижабли

Объемы мягких дирижаблей чрезвычайно разнообразны, начиная от весьма небольших, как например французский дирижабль «F-YZST» (рис. 92), данные которого здесь приводятся:

объем	1 200 м^3
длина	36 м
диаметр (наибольший)	8 "
мотор „Анзани“	70 л. с.
скорость	100 км/час
полезная подъемная сила	350 кг
радиус действия	200 км
экипаж	2 чел.

Мягкие дирижабли объемом более $10\,000 \text{ м}^3$ строятся редко. Мягкие дирижабли, небольшие по объему, используются главным образом для непродолжительных полетов и как учебные.

Современный дирижабль мягкой конструкции имеет лишь некоторое усиление носовой части, состоящее из деревянных или металлических пластин (реек) или из металлических труб, за-

крепленных в специально нашитых матерчатых гнездах (карманах). Назначение носового усиления — не допускать смятия носа дирижабля при большой скорости полета. Оперение обычно жесткое, из деревянных или металлических нервюр, обтянутых ма-

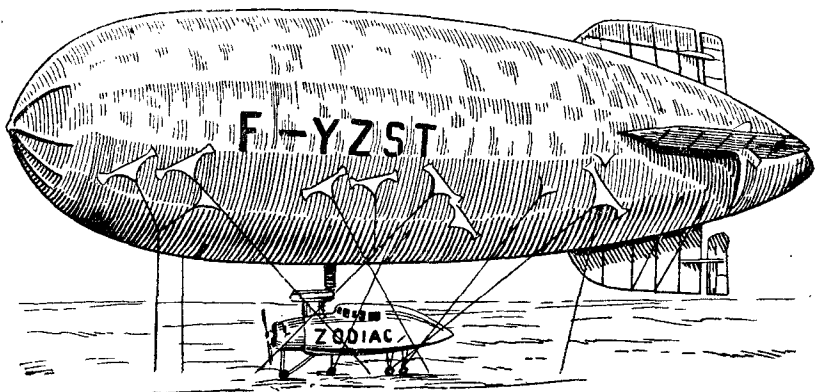


Рис. 92. Французский дирижабль „F-YZST“.

терией. На оболочке, за исключением носового усиления, оперения и клапанов, нет жестких деталей, и ее при освобождении от газа можно сложить в пакет так же, как и оболочку любого привязного аэростата. Гондолу присоединяют на тросах, кото-

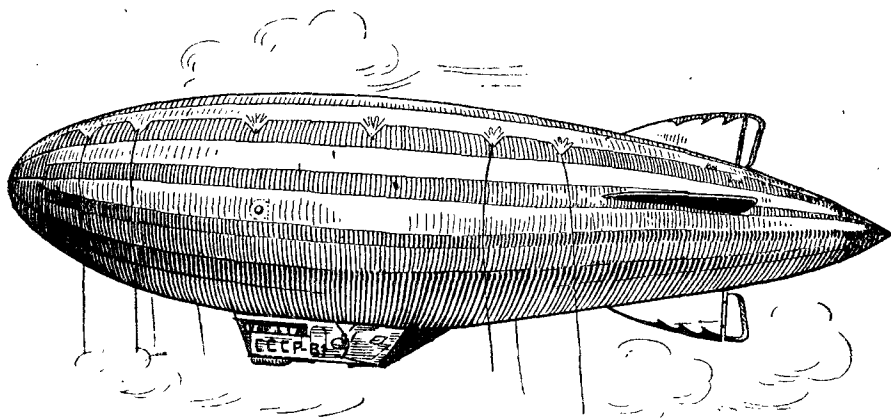
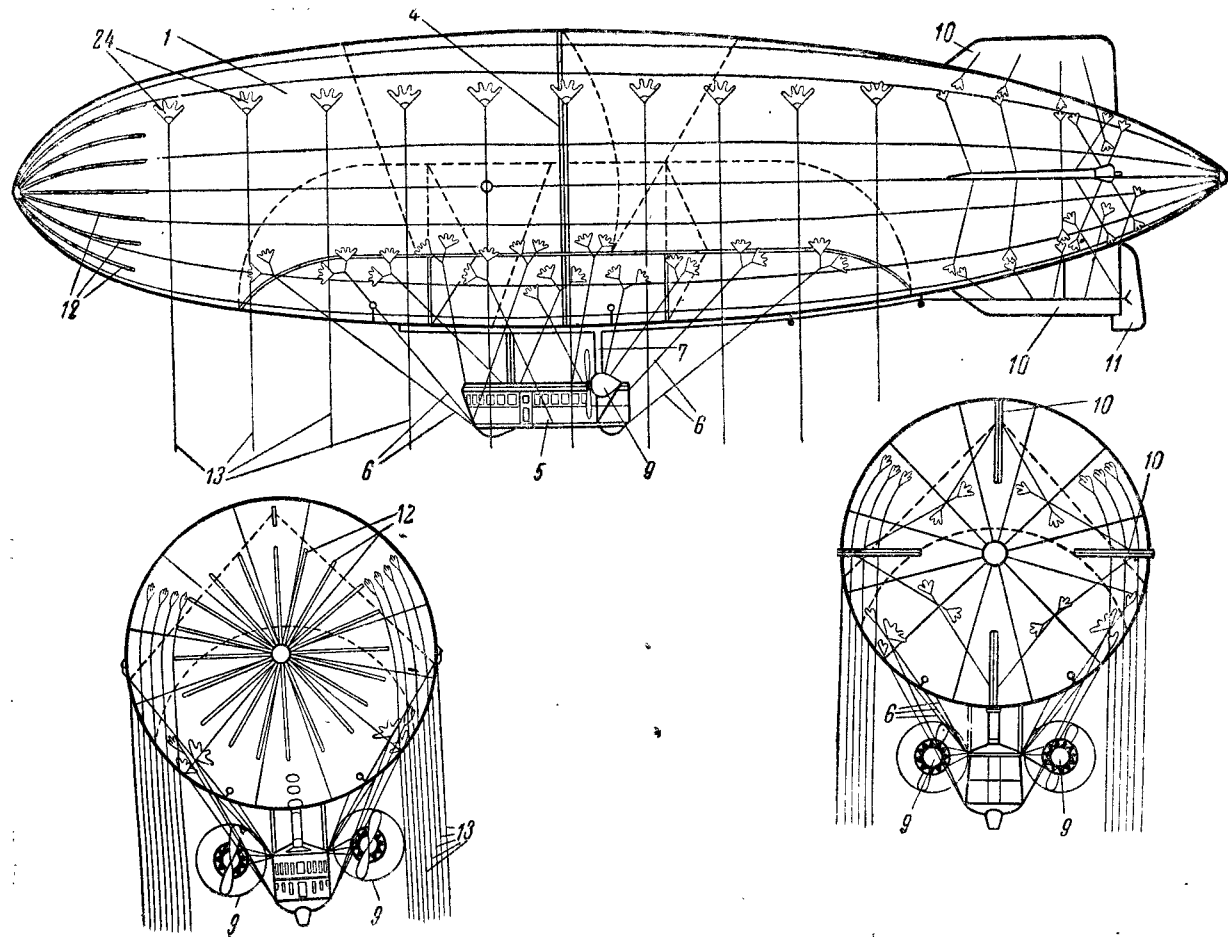


Рис. 93. Дирижабль „СССР-В1“.

рые крепят к матерчатым лапам, пришитым к оболочке. Иногда гондолу подвешивают вплотную к оболочке дирижабля, как например у дирижабля «СССР-В1» (рис. 93).

По устройству основных деталей мягкие дирижабли мало отличаются друг от друга. Ниже приводим схему мягкого дирижабля «СССР-В3», построенного в 1932 г. (рис. 94).



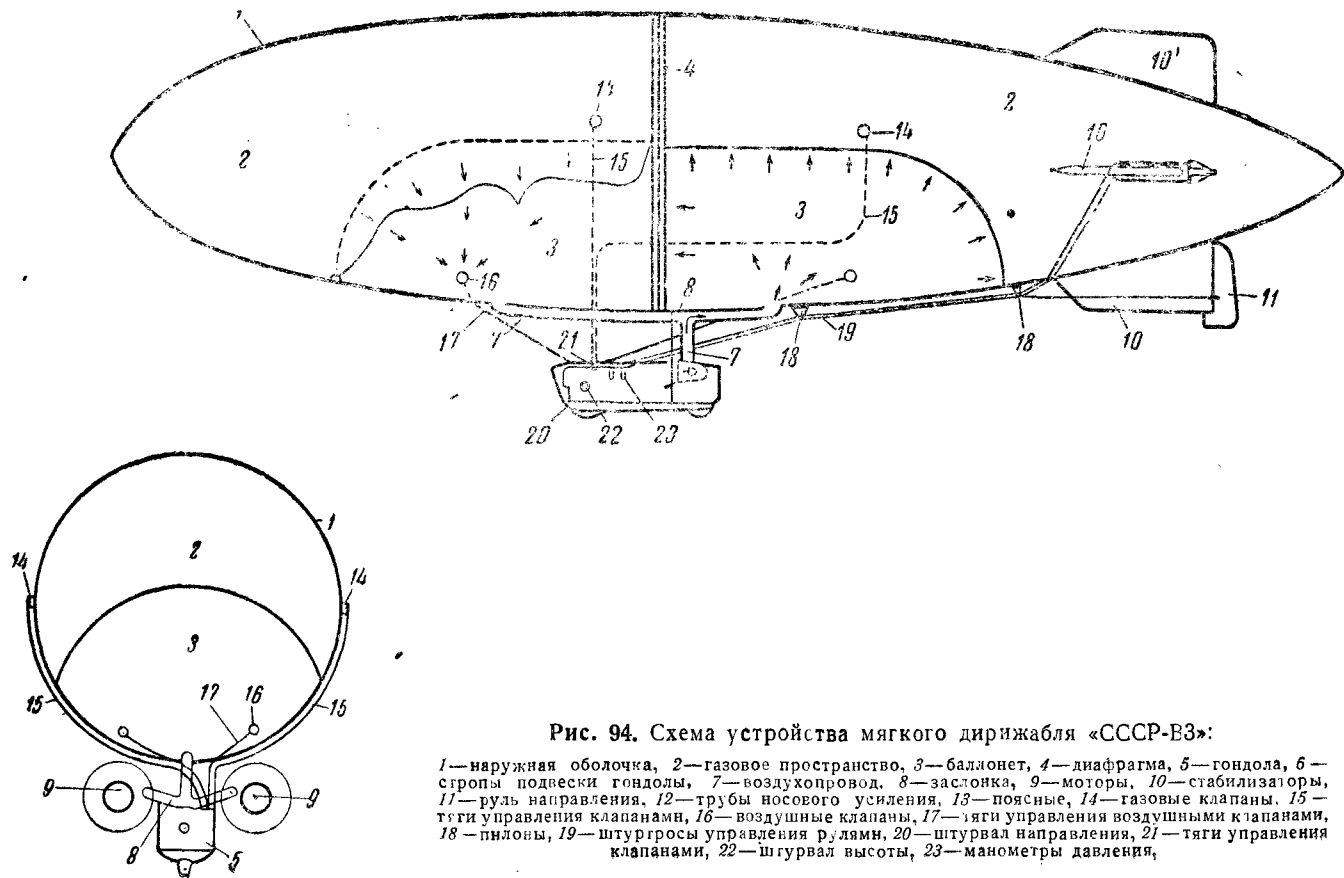


Рис. 94. Схема устройства мягкого дирижабля «СССР-ВЗ»:

1—наружная оболочка, 2—газовое пространство, 3—баллонет, 4—диафрагма, 5—гондола, 6—стропы подвески гондолы, 7—воздухопровод, 8—заслонка, 9—моторы, 10—стабилизаторы, 11—руль направления, 12—трубы носового усиления, 13—поясные, 14—газовые клапаны, 15—тяги управления клапанами, 16—воздушные клапаны, 17—тяги управления воздушными клапанами, 18—пловцы, 19—штургорсы управления р/лами, 20—штурвал направления, 21—тяги управления клапанами, 22—штурвал высоты, 23—манометры давления,

Данные дирижабля следующие:

объем оболочки	6 500	м ³
" баллонетов	2 185	
длина	63,5	м
диаметр максимальный	14,1	
удлинение	4,5	
клапаны газовые	4	шт.
" воздушные	4	
моторы	2 по 240	л. с.
полная подъемная сила	7 150	кг
грузоподъемность	3 000	"
весовая отдача ¹	420/0	
скорость максимальная	100	км/час
" крейсерская	80	
потолок	3 000	м
запас горючего при крейсерской скорости	на 20	час.
команда	5—6	чел.

Оболочка дирижабля — из трехслойной прорезиненной материи. Материя снаружи алюминирована для уменьшения нагревания газа лучами солнца. Сшита оболочка из 12 продольных полотнищ, которые, в свою очередь, состоят из трапеций. Оболочка имеет внутри диафрагму из непрорезиненной материи, которая делит газовое пространство на два отсека. Назначение диафрагмы — тормозить переливание газа при диферентах, т. е. при наклоне корабля на нос или на корму. В диафрагме имеются отверстия, благодаря которым уравнивается давление в обоих отсеках. Для наполнения оболочки газом в носовой и кормовой частях ее сделано по одному аппендиксу, которые завязываются и закрываются матерчатыми крышками. Внутри оболочки, в нижней ее части, помещен баллонет, разделенный перегородкой на две отдельные части. Назначение баллонета такое же, как и у баллонетных аэростатов. На оболочке имеются четыре газовых полуавтоматических клапана тарельчатого типа, диаметром 0,4 м, из которых два установлены по экватору, по одному с каждой стороны, два других — в кормовой части. Баллонет имеет тоже четыре клапана для выпуска воздуха из него при возрастании давления.

К винтам моторов подведены воздухоулавливатели с воздухопроводами в баллонет. Нагнетание воздуха происходит от потока, образуемого винтами. При необходимости подачу воздуха в баллонеты можно прекратить, закрыв для этого заслонки в воздухопроводе. Заслонки — отдельные для кормового и носового баллонетов, управление ими происходит из гондолы.

Носовое усиление сделано из 20 кольчугалюминиевых труб (реек), выгнутых по форме оболочки, укрепленных (зашнурованных) в специальных матерчатых карманах и заклеенных гладкой лентой. К металлической шайбе на носу дирижабля прикреплены шарнирно только четыре диаметрально противоположные рейки.

¹ Весовой отдачей называется отношение полезной подъемной силы к полной, выраженное в процентах.

Органы устойчивости состоят из двух вертикальных и двух горизонтальных стабилизаторов. К горизонтальным стабилизаторам прикреплены рули высоты, к вертикальному нижнему стабилизатору — руль направления. Оперение — клепаное, из кольчуга-алюминиевых профилей, с профилированными лонжеронами. Каркасы стабилизаторов обтянуты материей, покрытой эмалитом. Управление рулями происходит из гондолы при помощи тросовых тяг, проходящих по роликам, смонтированным на оболочке.

Гондола — обтекаемой формы, с закрытым верхом, склепанная из дуралюминия. Остов ее состоит из 12 поперечных шпангоутов — рам, связанных продольными профилями. Каркас гондолы покрыт снаружи гофрированными листами толщиной 0,5 мм. Длина гондолы — 9 м, ширина — 2 м и высота — 3,25 м. По бокам гондолы имеются окна из целлулоида, некоторые из них легко открываются. В передней части гондолы обеспечен хороший обзор.

Подвеска гондолы к оболочке осуществляется системой строп из стальных тросов, по 12 штук с каждой стороны. Стропы подходят к спускам, укрепленным на лапах. Для крепления строп на гондоле имеются специальные серьги. Каждая из них принимает на себя две-четыре стропы. Для маневрирования на земле на оболочке дирижабля имеются поясные и бивачные веревки, которые, так же как и стропы, крепятся при помощи лап.

В гондоле помещаются три прорезиненных брезентовых мешка, в которые наливается 350 кг балласта (вода). Каждый мешок имеет выпускной клапан, открывающийся из рубки управления при помощи тросовой проводки.

В передней части гондолы за два металлических ушка прикреплен тросовая уздечка, к которой крепится гайдроп. Гайдроп, свернутый в полете, перед посадкой автоматически выбрасывается через люк в полу гондолы.

Два мотора воздушного охлаждения, по 240 л. с. каждый, установлены на специальных кронштейнах на гондоле, по обе ее стороны. Выхлопные трубы от моторов отведены от оболочки вниз. Управление моторами сосредоточено в гондоле, в отделении механика. Каждый мотор имеет самостоятельное управление и обеспечен механическим самопуском.

В пяти дуралюминиевых баках, находящихся в гондоле, помещается бензин. Баки для быстрого их опорожнения имеют сливные трубы с кранами.

Под гондолами дирижаблей устраивают амортизаторы в виде матерчатых мешков, надуваемых воздухом, для смягчения возможных ударов о землю при жесткой посадке; амортизаторы бывают и другой конструкции — в виде костыля, колес и т. п.

На оболочке мягкого дирижабля есть также разрывное полотно, от которого проходит в гондолу разрывная вожжа.

Несмотря на целый ряд аварий и катастроф с дирижаблями, происшедших за последние 5—6 лет, постройка, усовершенствование и использование их как для целей транспорта, так и воен-

ных не прекращаются во всех капиталистических странах. Американцы, например, в 1932 г. приступили к опытной эксплуатации дирижаблей, оборудованных дизелями. Наряду с применением дизелей, наполнение дирижаблей в США производится гелием. Это настолько снизило пожарную опасность, что случайный взрыв бомбы на борту американского дирижабля «С-7» не причинил ему значительного вреда. В настоящее время в США имеется несколько малых дирижаблей, которые используются как учебные для подготовки кадров, агитационных полетов и перевозки пассажиров. Так, три малых дирижабля «Резолют», «Рилайнс» и «Энтерпрайз» с объемами, не превышающими 5 000 м³, с половины 1932 г. по 1935 г., т. е. за три года, налетали 22 430 часов, покрыв расстояние в 1 600 000 км; они совершили более 34 000 полетов, перевезли более 79 000 пассажиров.

Эскадра малых дирижаблей компании Гудиир-Цеппелин, в которой одновременно находились пять-шесть дирижаблей, за 10 лет своего существования покрыла более 2 500 000 миль (около 4 млн. км), совершила более 90 000 полетов, перевезла без аварий более 24 000 пассажиров. Полеты происходили не только над своей территорией, но и в Мексику, Канаду, на о. Кубу.

Маневренность таких дирижаблей чрезвычайно высокая. Например, дирижабль «Пуританин» произвел посадку на плоскую крышу дома в городе.

Кроме фирмы Гудиир, дирижабли строят и другие американские фирмы. Выпускаются мягкие дирижабли объемом около 10 000 м³ типа «ТС» исключительно для армии и флота. Оборудование таких дирижаблей чрезвычайно разнообразно; в нем, кроме вооружения (пулеметы, бомбы), имеется радиостанция большой дальности действия и фотографическое оборудование. Кроме того, имеется наблюдательная гондола (люлька), выпускаемая на 900 м ниже гондолы дирижабля. Скорость такого дирижабля, как например «Дефендер», до 135 км/час, автономия¹ — 72 часа, экипаж — 8 человек.

Во Франции продолжается строительство новых дирижаблей мягкой системы выпуска 1931—1937 гг. и одновременно восстановлено несколько ранее построенных разоруженных дирижаблей. Приводим характеристику французского мягкого дирижабля «V-11», представляющего интерес с точки зрения его конструкции:

объем	3 400 м ³
длина	45 м
диаметр в миделе	13 "
двигатель — 2 мотора по	120 л. с.
скорость максимальная	100 км/час
" крейсерская	70 "
радиус действия	до 1 000 км
экипаж	4 чел.

¹ Автономией называется наибольшая продолжительность полета без пополнения горючим.

Дирижабль вооружен двумя пулеметами и бомбами для борьбы с подводными лодками. Гондола подвешена вплотную к нижней части дирижабля на внутренней подвеске (линия пришива левого пояса видна на рис. 95).

Оболочка дирижабля в поперечном сечении не имеет формы окружности, а форма ее трехдольная. В остальном конструкция деталей такая же, как и у других дирижаблей этой системы. Раз-

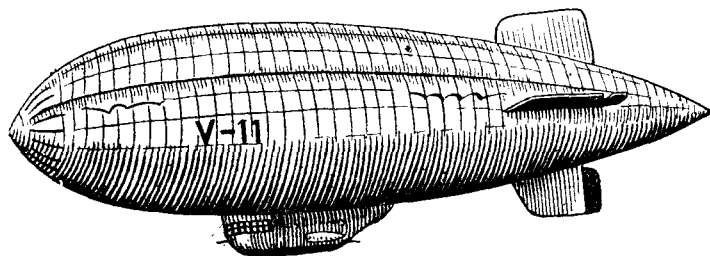


Рис. 95. Французский мягкий дирижабль „V-11“.

рабатываются новые типы конструкции, как например геликостат, который является сочетанием дирижабля с геликоптером¹.

Конструктор Эмишен к оболочке дирижабля подвесил ферму с геликоптерной установкой. Эта установка состоит из винтомоторной группы, оси винтов которой имеют возможность располагаться под углом. Работа такой моторной установки уже была приведена в описании моторизованного аэростата.

22. Полужесткие дирижабли

Современный полужесткий дирижабль обычно имеет оболочку с внутренним баллонетом, расположенным в нижней части оболочки не по всей ее длине, а таким образом, что оболочка в носовой и кормовой частях заполнена газом даже тогда, когда баллонеты выполнены целиком и, следовательно, имеют наибольшую величину подъемной силы как раз в тех частях, где вес конструкции превышает подъемную силу газа. Это и понятно, так как на концевых, суживающихся частях оболочки расположены с одной стороны носовое развитие (носовое усиление), с другой — кормовое развитие и стабилизаторы.

Оболочка полужесткого дирижабля почти всегда имеет внутреннюю подвеску, состоящую из одного или нескольких поясов. Назначение внутренней подвески — распределить нагрузку по узлам килевой фермы, приблизить поперечное сечение корпуса к окружности, чтобы увеличить общий объем оболочки при той же поверхности и улучшить обтекаемость формы, т. е. аэродинамические качества дирижабля. Гондола, как правило,

¹ Геликоптером называется аппарат, который может подниматься в воздух вертикально.

присоединяется вплотную к килю¹, проходящему, в свою очередь, по нижней части оболочки.

Преимуществом полужесткого дирижабля является отсутствие тросовой подвески, а это способствует уменьшению лобового сопротивления корпуса и вместе с этим увеличению скорости при экономии двигательной силы. Кроме того, килевая ферма в полужестком дирижабле дает большие возможности для равномерного распределения всех, как постоянных, так и расходуемых грузов по килю, с передачей нагрузок на подвеску.

Наибольший объем построенного в 1919 г. полужесткого дирижабля «Т-34» был 35 000 м³. Трудности постройки полужестких дирижаблей больших объемов заключаются главным образом в оболочке, прочность которой должна быть выше той, какую имеют прорезиненные материи, изготавливаемые в настоящее время. Многослойность материи (больше трех слоев) чрезвычайно увеличивает вес оболочки.

Таким образом, за полужестким дирижаблем остаются средние объемы. Эта система является непревзойденной, так как дает прочные, быстроходные, легко эксплуатируемые дирижабли, способные с пользой нести службу как для транспорта пассажиров и грузов, так и для военных целей. Чтобы иметь ясное представление о конструкции, остановимся на подробном разборе одного типа дирижабля послевоенной итальянской постройки. Эти дирижабли строились различных объемов. Например, объем дирижабля «N-1» был 18 500 м³, «N-3» — 7 650 м³, но основные конструктивные детали при данных объемах оставались почти те же, за исключением количества моторов. Такого же типа был построен дирижабль в СССР — «СССР-В6 Осоавиахим».

Полужесткий дирижабль «N-1» (рис. 96), построенный в 1923 г., имел следующие данные:

объем	18 500 м ³
длина	109,0 м
высота	220 "
ширина	19,5 "
удлинение	5,4
мертвый вес корпуса	11,25 т
полезная нагрузка	8,73 "
весовая отдача	43 ⁰ / ₁₀
двигатели—3 мотора "Майбах" по	260 л. с.
скорость максимальная	105 км/час
« " крейсерская	90 "
радиус действия	3 500 км

Этот дирижабль после покупки его Норвегией был переименован в «Norge». В 1926 г. на этом дирижабле был совершен перелет через район Северного полюса к берегам Аляски.

Оболочка корпуса дирижабля строится из трехслойной прорезиненной материи. Раскрой полотнищ меридиональный, имеет

¹ За исключением итальянского «MR», построенного в 1924 г., и «СССР-В5», построенного в 1933 г., у которых гондола была на подвеске на некотором расстоянии от киля.

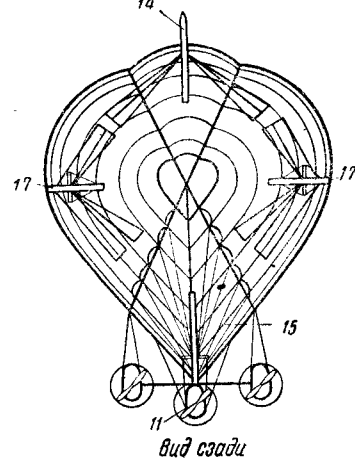
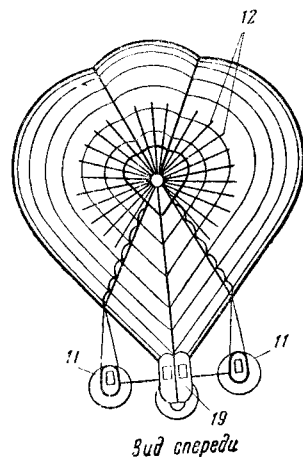
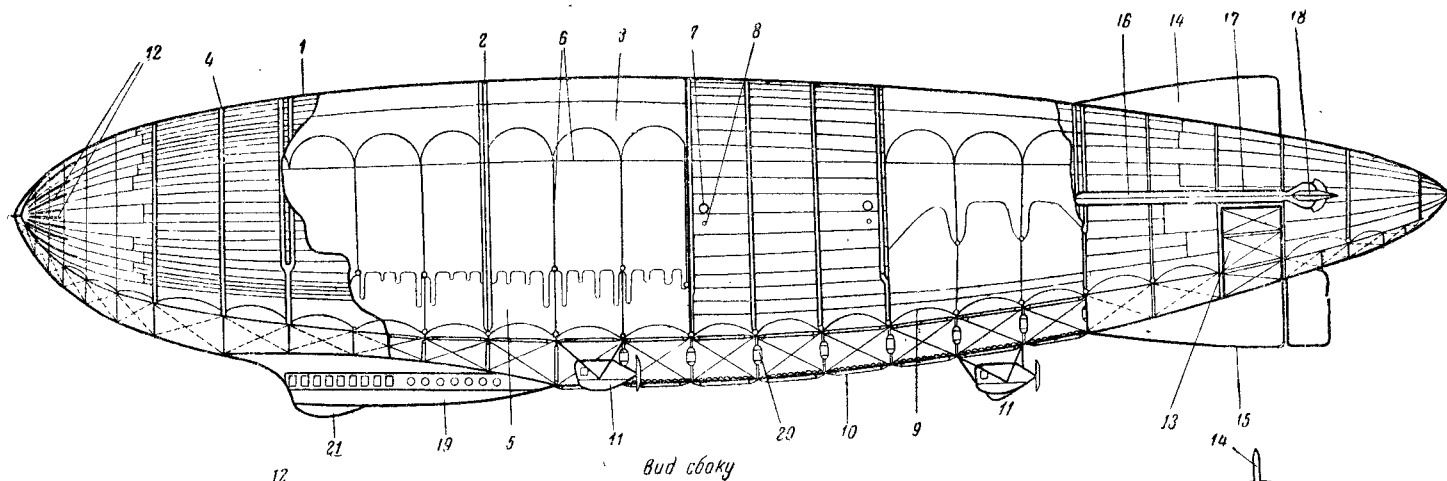


Рис. 96. Схема полужесткого дирижабля типа „N-1“:

1—наружная оболочка, 2—диафрагма, 3—внутренние катенарии, 4—пояса, 5—баллонеты, 6—тросы внутренней подвески, 7—смотровое окно, 8—манометрическая рубка, 9—внешние катенарии, 10—килевая ферма, 11—моторные гондолы, 12—носовое усиление, 13—кормовое развитие, 14—верхний стабилизатор, 15—нижний стабилизатор, 16—половина бокового стабилизатора, шпигованная к оболочке, 17—вторая половина боковых стабилизаторов, крепленых к кормовому развитию, 18—рули высоты, 19—пассажирская гондола, 20—бензобаки, 21—амортизатор.

всего 36 полотнищ основных и два боковых (тангенциальных). Постоянство формы поддерживается не только сверхдавлением газа в оболочке, но и жестким каркасом киля, который имеет треугольное сечение, обращенное вершиной вниз. Непосредственно к килю крепятся носовое усиление, кормовое развитие, гондола управления и моторные гондолы. В киле же помещается эксплуатационное оборудование (горючее, балласт и т. п.) и снаряжение.

Поперечное сечение дирижабля «N-1», приведенное на рис. 96¹, определяется системой внутренней подвески и давлением газа.

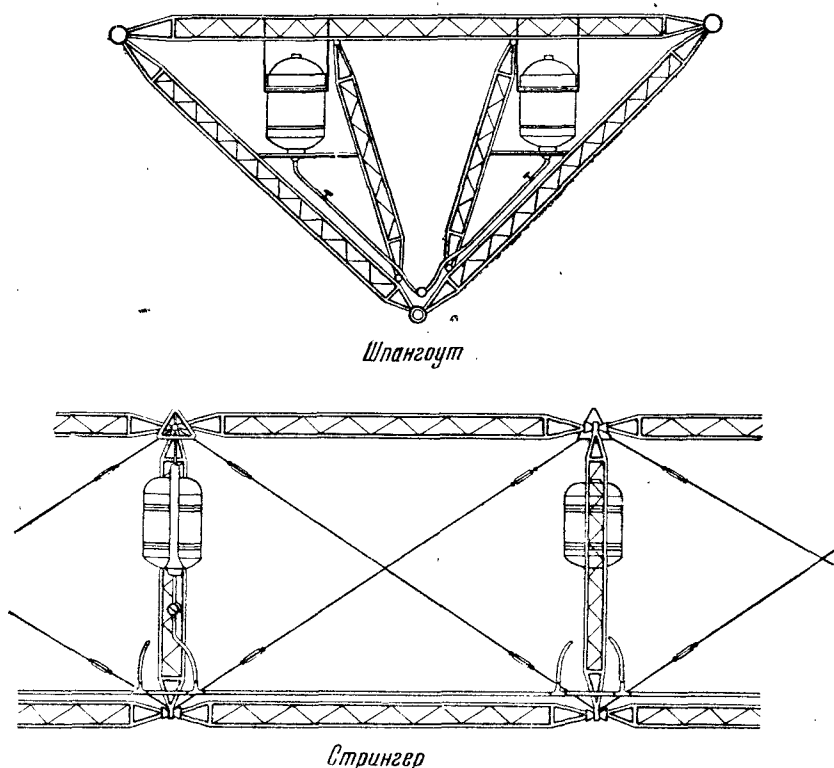


Рис. 97. Балка дирижабля „N-1“.

в оболочке. Внутригазовое пространство разделено пятью матерчатыми диафрагмами 2 на шесть отсеков. Периметр диафрагм в соответствующем месте на 10—15% больше периметра оболочки, чтобы иметь слабинку при изменении давления в оболочке. Для сообщения между газовыми отсеками во время осмотров оболочки и для уравнивания давления в отсеках в нижней части диафрагм имеются отверстия.

¹ При дальнейшем описании дирижабля «N-1» цифры относятся к рис. 96.

Килевая ферма 10 построена из треугольных шпангоутов, которые в продольном направлении соединяются стрингерными балками. Каждая из этих балок состоит из центральной призматической части с треугольным сечением и двух концовок в виде пирамиды. Ребра треугольной призмы (из стальных труб) соединены трубчатыми стальными раскосами (рис. 97). Соединение балок киля происходит на специальных шаровых шарнирах, которые дают возможность балкам стрингеров изменять свое направление в определенных пределах, что придает всей килевой ферме значительную упругость (рис. 98). Без шаровых шарниров такая ферма могла бы легко сломаться от излишнего напряжения. Высота шпангоутов по длине фермы неодинакова и выбрана пропорционально диаметрам теоретического сечения корпуса; она уменьшается к носу и корме. Килевую ферму подвешивают к боковым (тангенциальным) полотнищам (по одному с каждой стороны дирижабля) с параболическими вырезами 9 (катенарии), в кромку которых заделан стальной трос. Концы тросов из

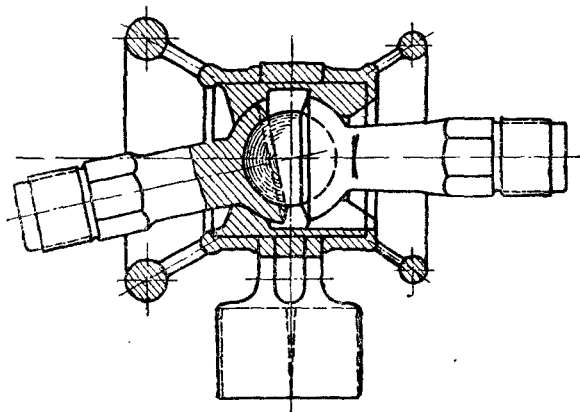


Рис. 98. Шаровой шарнир.

вершин внешних катенарий подходят к узлам киля, к которым и крепятся. Для передачи части нагрузки от киля на верхнюю часть оболочки и уменьшения грушевидности оболочки устроена система внутренних катенарий в виде двух матерчатых поясов 4, пришитых к оболочке, в которых также есть параболические вырезы 3 (катенарии) с заделанным тросом. Тросы внутренней подвески 6 на определенной высоте сводятся в один трос, который проходит через потолок баллонета в специальной муфте и матерчатом конусе; последний обеспечивает баллонету свободное перемещение и полную газонепроницаемость в месте прохода троса. Внутренняя подвеска вблизи киля снова разветвляется для присоединения к узлам киля. Баллонеты 5, как уже указывалось, идут в нижней части оболочки и отделены друг от друга глухими диффрагмами.

Носовое усиление 12 и кормовое развитие 13 представляют собой развитую часть килевой фермы и составляют с ней одно целое. Цель носового усиления — оказывать сопротивление давлению воздуха при больших скоростях полета и обеспечить возможность причаливания к причальной мачте, когда вся сила ветровой нагрузки сосредоточена в носовой части. Назначение

кормового развития — поддержание прикрепляемых к нему горизонтальных стабилизаторов.

Оперение состоит из четырех стабилизаторов 14, 15, 16, 17, из них два — горизонтальные с рулями высоты 18 и два — вертикальные. К нижнему стабилизатору, соединенному жестко с килем, на четырех шарнирах с шариковыми подшипниками прикреплен руль направления. Все стабилизаторы сделаны, так же как и киль, из стальных балочек, только меньших размеров. Каждый из горизонтальных стабилизаторов состоит из двух частей: кормовой части, жестко прикрепленной к кормовому развитию, и носовой, прикрепленной к оболочке. Чтобы носовая часть стабилизаторов могла в известных пределах следовать деформациям оболочки дирижабля, обе части стабилизаторов соединены на шарнирах.

Для пополнения оболочки газом в каждом отсеке имеются газовые аппендиксы. Кроме этого, в киле от носа до кормы проходит газопровод, который может быть соединен с шестью внутренними аппендиксами. Внутренний газопровод (коллектор) позволяет производить пополнение корабля газом и при стоянке его у причальной мачты. На оболочке есть манометровые окна для контроля диафрагмы и баллонетов. Целый ряд манометрических трубок, идущих от каждого отсека, проходит в гондолу управления. В киле же проходят и воздухопроводы для подачи воздуха в баллонеты от воздухоулавливателя, устроенного в носовой части дирижабля и управляемого из рубки. Для выпуска воздуха из баллонетов на них установлены 16 клапанов. Десять газовых клапанов установлены поверху дирижабля. Как газовыми, так и воздушными клапанами, кроме их автоматического действия под влиянием возросшего давления, можно управлять из гондолы. Пружины газовых клапанов тарируются так, чтобы при повышении давления газа внутри оболочки до 36—38 мм вод. ст. клапаны автоматически открывались. Тарировка баллонетных клапанов производится на давление в 12 мм вод. ст.

Моторных гондол три, из которых две расположены по бокам киля и третья (задняя) — непосредственно под килем. Гондолы построены из дуралюминиевых профилей и обшиты листовым дуралем. Моторные гондолы подвешены к килю на тросах и поддерживаются подкосами. В каждой гондоле помещается по одному мотору «Майбах» в 260 л. с. каждый. Моторист находится в той же гондоле. В киле подвешены 28 баков емкостью от 210 до 312 л каждый (рис. 99); 24 бака предназначены для бензина и 4 — для балласта (воды); последние для более легкого выправления диферента корабля расположены по два в носу и корме¹.

Каждый бензиновый бак соединен с проходящим в киле бензинопроводом, который, в свою очередь, соединяется с каждым из моторов. Установленные на бензинопроводе краны позволяют

¹ Диферентом называется наклон оси корабля в продольном направлении на корму или на нос.

по желанию выключить из магистрали любой бак или моторную гондолу.

Управление балластными баками происходит из рубки управления при помощи тросовых тяг, которые, так же как и вся остальная проводка (управления, осветительная, связь и др.), проходит в киле, высота которого в средней части более 3,5 м.

Киль служит также и для прохода обслуживающего персонала в носовую и кормовую части корабля и к моторным гондолом.

Килевая ферма, как и стабилизаторы, обтянута материей. В месте крепления гондолы управления киль имеет не треугольное

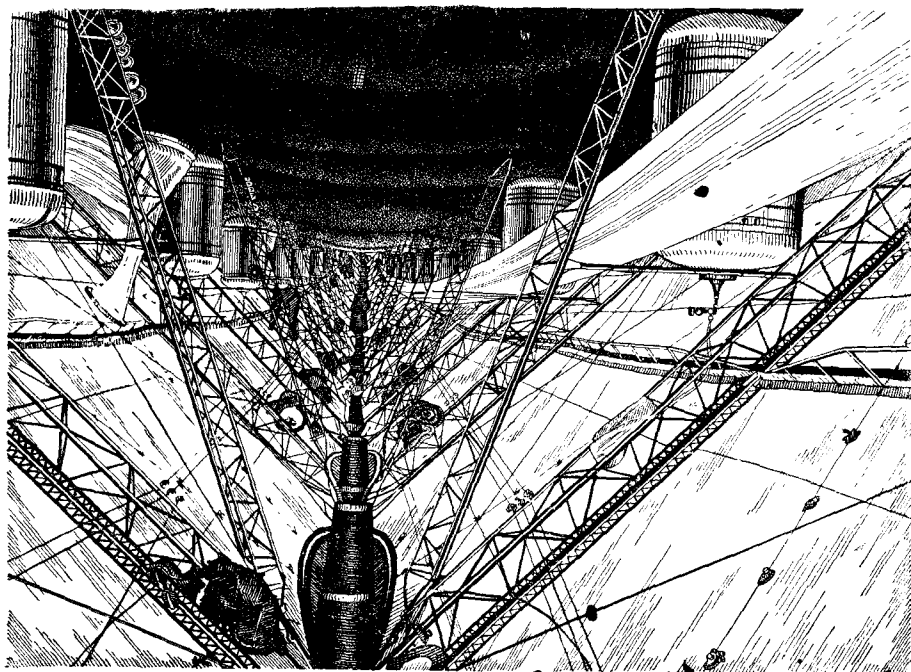


Рис. 99. Внутренний вид килея дирижабля «N-1».

сечение, а трапециoidalное. Соединение гондолы с килем осуществлено подвеской из тросов. Гондолой 19 состоит из рубки управления, радиорубки, пассажирских помещений на 20 человек, небольшой кухни и туалета. Сконструирована гондолой из дуралюминиевых профилей. Под нижней частью гондолы управления и задней моторной гондолой ставятся матерчатые амортизаторы.

Дирижабль типа «N-1» для стоянки у причальной мачты имеет приспособление в виде специальной конусообразной пирамиды, идущей от носовой части килея (рис. 100).

Дирижабль типа «N-1» может поднять полезного груза около 8 500 кг. Экипаж состоит из десяти человек, в числе которых

командир, два помощника, радист, рулевой, четыре моториста и один человек в резерве. Подсчет необходимого количества груза дает следующую картину:

снаряжение	400 кг
экипаж	750 „
балласт посадочный и резервный	600 „
резервный запас бензина и масла	400 „
взлетный балласт	400 „

Всего 2 550 кг

Остающаяся свободная подъемная сила — около 6 000 кг — используется для взятия на дирижабль расходного горючего и пассажиров или специальных грузов. Потолок дирижабля — около 3 000 м, дальность полета при полном запасе горючего — около 4 500 км.

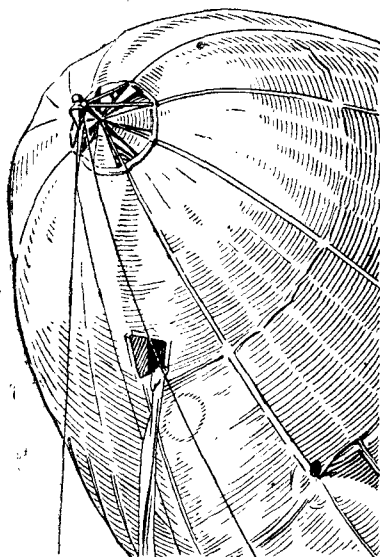


Рис. 100. Причалное устройство дирижабля „N-1“.

В 1925 г. в Италии был построен дирижабль «N-2» такой же системы, объемом 7 000 м³, а также спроектирован и построен для Японии дирижабль «N-3» объемом 7 650 м³. Особенностью этих дирижаблей является внутренняя подвеска с одним поясом, благодаря чему в поперечном сечении дирижабль принимает не трехдольную форму, как у «N-1», а двухдольную.

На этих дирижаблях устраивалась шахта, через которую можно выйти из gondoly управления на верхнюю наружную часть оболочки, что имеет большое значение для противосамолетной защиты дирижабля.

В Италии строились полужесткие дирижабли и другого типа, например конструкции Форланини, основной особенностью которых было наличие двух оболочек. Пространство между внутренней и наружной оболочками выполняло роль баллонета. Благодаря такому устройству объем баллонета изменяется в очень широком диапазоне, что дает возможность дирижаблям этой конструкции достигать потолка более 4 000—6 000 м.

Не останавливаясь на американских дирижаблях, близких по конструкции к итальянским, с той лишь разницей, что килевая ферма у них повернута вершиной внутрь дирижабля, приведем данные немецкого полужесткого дирижабля, построенного в 1929 г. для целей рекламы (их было построено несколько) и

представляющего интерес с конструктивной точки зрения. Например, дирижабль «PN-28» имел объем всего 1700 м³, полез-

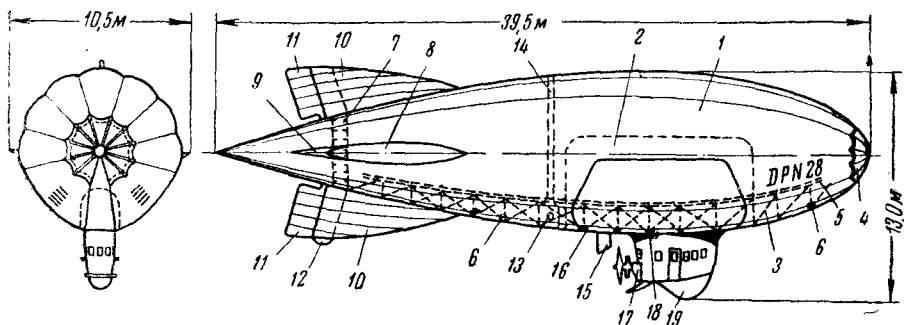


Рис. 101. Схема полужесткого дирижабля „PN-28“:

1—оболочка, 2—баллонет, 3—киль, 4—носовое усиление, 5—причальный трос, 6—балласт, 7—кормовая ферма, 8 и 10—стабилизаторы, 9—руль высоты, 11—руль поворота, 12—амортизатор, 13—клапан, 14—газовая шахта, 15—ветроулавливатель, 16—воздушный клапан, 17—мотор, 18—бензиновый бак, 19—амортизатор gondoli.

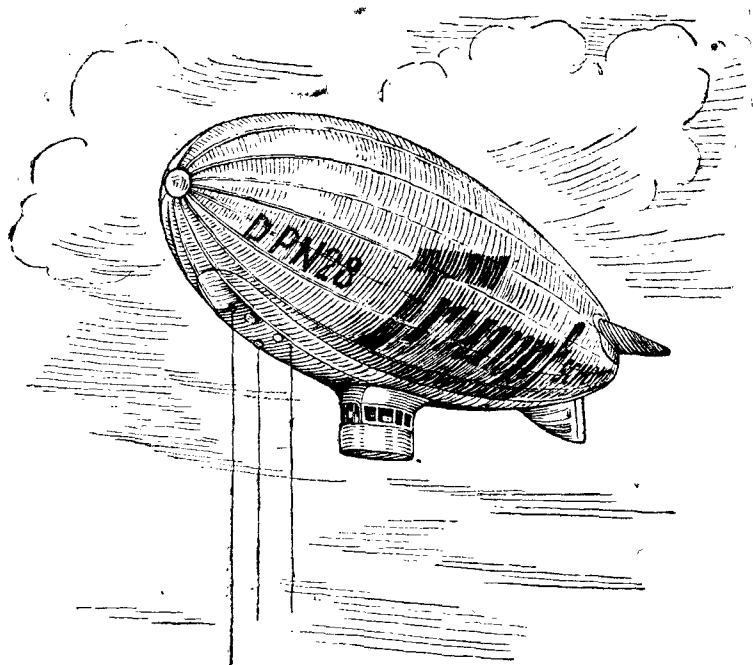


Рис. 102. Дирижабль „PN-28“.

ную нагрузку 600 кг и скорость 80 км/час. Баллонет у «PN-28» — объемом около 300 м³, что обеспечивает подъем дирижабля на

высоту до 2 000 м (рис. 101). Несмотря на то, что объем «PN-28» весьма мал, в кормовой крестовине имеется выходная шахта (размеры «PN-28» приведены на рис. 101). Для его обслуживания требуется небольшая команда (рис. 102), и дирижабль можно эксплуатировать без наличия эллинга. Килевая ферма треугольного сечения обращена вершиной внутрь оболочки. Конструкция килевой фермы — сварная из стальных труб. Все панели расчалены по диагоналям стальными проволоками.

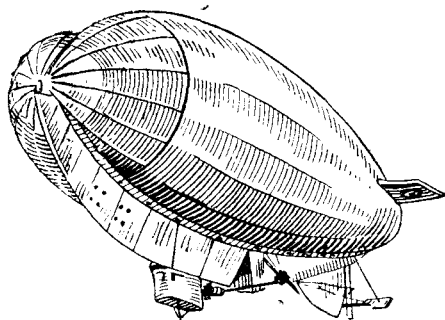


Рис. 103. Французский дирижабль-разведчик „V-10“.

Ферма жесткая, легко может быть разобрана на три части, что весьма облегчает перевозку при временном разоружении, т. е. освобождении оболочки от газа. Внутренняя подвеска многополая, и поперечное сечение — многодольной формы. Благодаря носовому усилению дирижабль «PN-28» может швартоваться к причальной мачте. Крест кормового усиления обтянут прорезиненной материей и образует шахту. Кроме того, есть специальная газовая шахта, выводящая газ, выпускаемый через клапаны на верх оболочки корабля. Баллонет наполняется через воздухо-

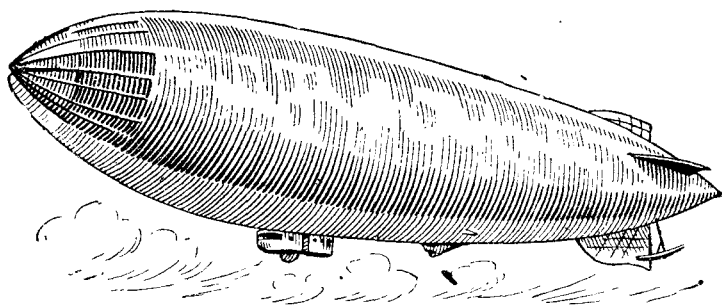


Рис. 104. Французский дирижабль-конвоир „E-9“.

улавливатель, установленный в струе винта. Мотор, звездообразный, воздушного охлаждения, мощностью 80 л. с., установлен за кормовой частью гондолы. Гондола сделана из стальных сварных труб и обтянута материей. Экипаж — пилот и механик, и можно взять трех-четырех пассажиров. Под гондолой и на нижнем стабилизаторе поставлены амортизаторы, предохраняющие винт и оперение при жесткой посадке.

Во Франции после 1929 г. было построено несколько полужестких дирижаблей — разведчики и конвоиры для военно-мор-

ского флота. Дирижабль-разведчик «V-10» (рис. 103) имеет следующие данные:

объем	3 400 м ³
длина	46,0 м
высота	12,8 м
двигатели — 2 мотора по	120 л. с.
скорость максимальная	95 км/час
„ крейсерская	70 „
радиус действия	800 км
экипаж	4 чел.

Вооружен он двумя пулеметами и бомбами. Пояс внутренней подвески идет по середине верхней части оболочки.

Дирижабли «Е-9» — конвоиры морских транспортов (рис. 104) — имеют следующие основные данные:

объем	10 000 м ³
длина	80 м
высота	17 „
двигатели — 2 мотора по	350 л. с.
скорость максимальная	112 км/час
„ крейсерская	85 „
радиус действия	2 000 км
экипаж	8 чел.

Полезная нагрузка дирижабля «Е-9» — до 5 т при возможности взятия на борт 4 500 л бензина, что обеспечивает радиус

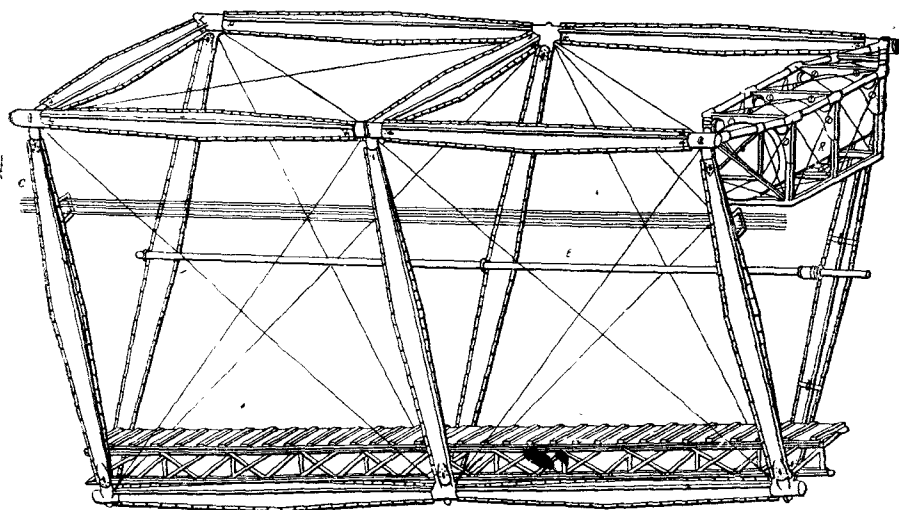


Рис. 105. Часть килевой фермы дирижабля „Е-9“:

С — штуртросы — тросовая проводка управления, Е — водопровод для приема балласта (одновременно поручень), Р — мостик для прохода, R — бак (бензиновый).

действия до 3 000 км. Часть бензиновых баков — съемные. Отметим конструктивные особенности, присущие дирижаблям данного типа, и оборудование этого военного дирижабля. Килевая ферма,

из дуралюминиевых труб, собирается путем автогенной сварки и соединяется на шарнирах портативными для перевозки и легко разбираемыми секциями. Наибольшая высота кия — 2,5 м, ширина — 3,25 м (рис. 105). Ферма обтянута материей, пропитанной огнеупорным составом. Посадочные приспособления дирижабля «Е-9»: в носовой части — малый и большой гайдропы, морской якорь, якорь около гондолы и позади моторной гондолы — кормовой гайдроп. Дирижабль «Е-9» может делать посадку на воду и причаливать к мачте. Для причаливания

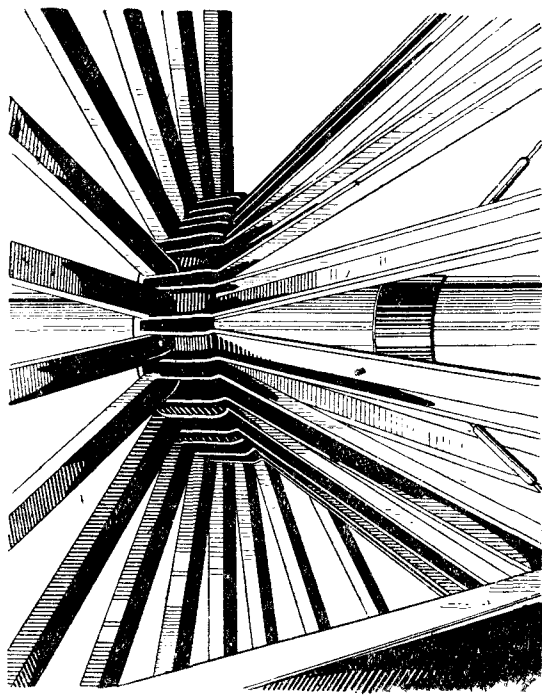


Рис. 106. Внутренний вид носового усиления дирижабля «Е-9».

к мачте носовая часть фермы развивается в арматуру, напоминающую собой огромный нескладывающийся зонт (рис. 106).

Гондола управления имеет длину 9,3 м, ширину — 1,5 м, высоту — 2,2 м (рис. 107). Амортизатор на дне гондолы можно легко заменять поплавком. В гондоле имеются следующие служебные отделения от носа к корме: передний пост наблюдения, пост управления, радиостанция, отделение вспомогательных устройств, кабина для отдыха экипажа и кормовой пост наблюдения. На посту управления находятся: штурвалы, полка с приборами (часы, указатель скорости, альтиметры для высот от 0 до 4 000 м и от 0 до 500 м) и всевозможные приборы для управления и навигации. Кроме радиостанции, связь обеспечивается почтовыми голубями.

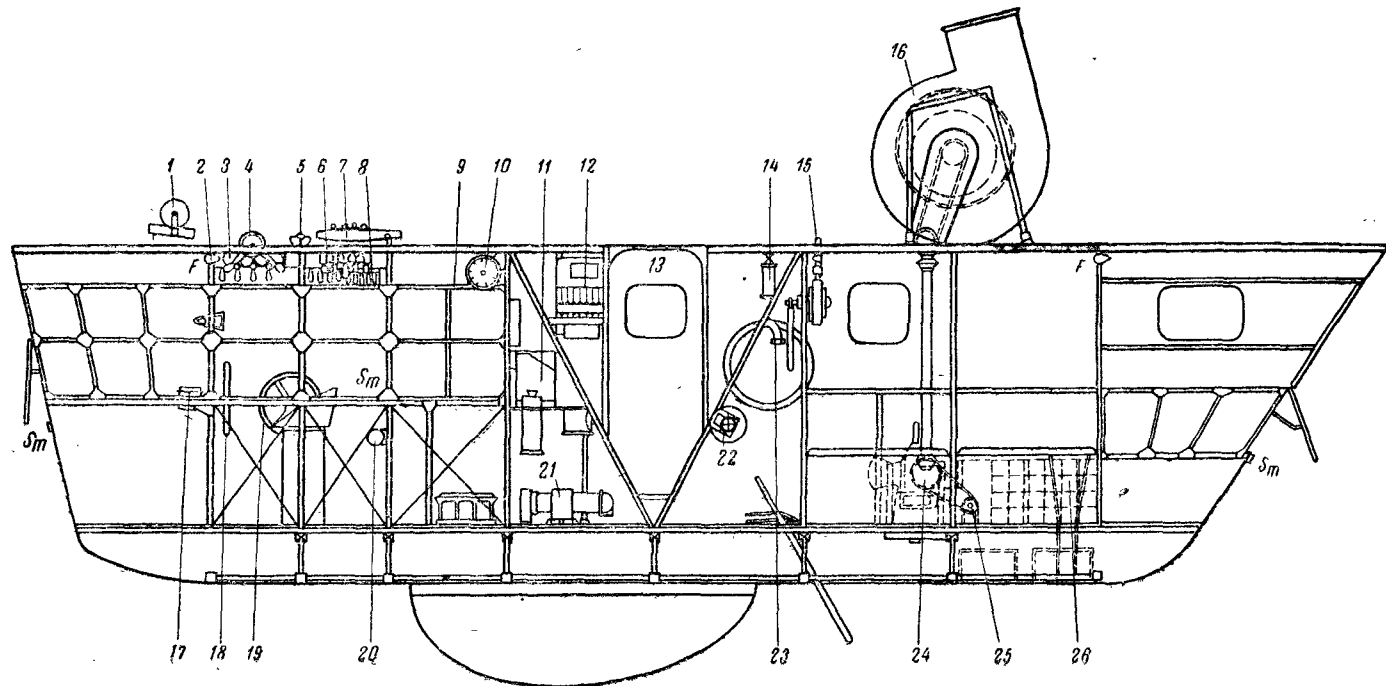


Рис. 107. Гондола дирижабля „Е-9“:

1—управление заслонкой на иосу дирижабля, 2—диферентомер, 3—управление балластом и счетчик, 4—управление улавливателями, 5—управление балластными штанами¹, 6—доска управления газовыми и воздушными клапанами, 7—управление заслонками воздухоулавливателя, 8—управление посадочными приспособлениями, 9—аккумуляторные батареи, 10—машинный телеграф к моторам, 11—приемно-передающая радиостанция, 12—бомбосбрасыватели, 13—выходные мгновенного открытия двери (с обеих сторон), 14—огнетушитель, 15—балластная помпа, 16—вентилятор, 17—компас, 18—штурвал направления, 19—штурвал высоты, 20—сигнальный гудок, 21—умформер, 22—антенный шкив и направляющая антенная трубка, 23—воздушный насос, обслуживающий амортизатор, 24—мотор в 5 л. с. для вентилятора, 25—динамомашина, 26—шкаф для флагов, Е—ходовые огни, S_m —гнезда для штыря ручного пулемета.

¹ Балластными штанами называются матерчатые мешки специальной конструкции.

Имеются прибор для оптического телеграфа и комплект сигнальных флагов. Парашюты экипажа находятся в гондоле и у механиков. Из гондолы управления имеется выход в киль по трапу. Центральные окна на носу и корме могут быть подняты для использования пулемета. В кормовой части гондолы установлен мотор в 5 л. с. с приводом к вентилятору, нагнетающему воздух в баллонеты.

23. Жесткие дирижабли

Из современных жестких дирижаблей послевоенной постройки (1919 г.) только два — «Бодензее» и «Нордштерн» — были объемом 20 000 и 22 500 м³. Объемы дирижаблей постройки после 1928 г. выросли до 100 000—200 000 м³.

Конструкции жестких дирижаблей, которые строились в Германии, США, Англии, за исключением конструктивных деталей, принципиально мало отличаются друг от друга, так как у всех

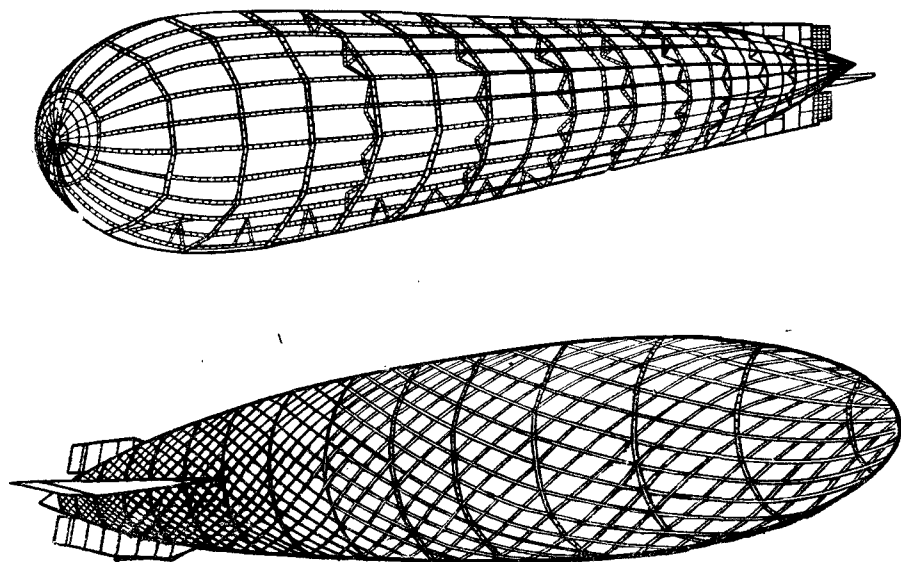


Рис. 108. Схемы деревянного каркаса дирижабля „SL“ (верхний) и металлического цеппелина „LZ“ (нижний).

имеется жесткий, обтянутый снаружи материей каркас, внутри которого по отсекам расположены отдельные матерчатые баллоны с газом.

Жесткость каркаса достигается применением металла или дерева для изготовления шпангоутов и стрингеров. Дирижабли с деревянным каркасом строились в Германии и Англии. Объемы дирижаблей с деревянным каркасом достигали: в Германии — 56 000 м³, в Англии — 44 000 м³. Конструкция каркаса была раз-

лична. Немецкие дирижабли «SL» имели каркас с ромбическими ячейками (рис. 108), конструкция же каркаса английских деревянных дирижаблей (по типу цепелинов) состояла из продольных стрингеров, связанных поперечными шпангоутами. Наибольшее развитие жесткие дирижабли получили в Германии, где их было построено более 120.

Остановимся на разборе основной схемы конструкции жесткого дирижабля «LZ-127» («Граф Цеппелин»), построенного в 1927 г. и совершившего много замечательных полетов: через Атлантический океан в США, регулярных — в Южную Америку, кругосветный, арктический и др. (рис. 109). К концу 1934 г. налет «LZ-127» превысил 1 000 000 км. Приведем следующие данные, характеризующие дирижабль «LZ-127»:

номинальный газовый объем	105 000	м ³
объем подъемного газа (водород)	75 000	„
горючий газ для моторов	30 000	„
длина дирижабля	236,6	м
диаметр в миделе	30,5	„
наибольшая высота	33,5	„
удлинение	7,7	
мертвый вес (вес конструкции и оборудования) . .	58 900	кг
полезная нагрузка	54 450	„
весовая отдача	48 ⁰ / ₁₀	
статический потолок	7 000	м
моторов 5 по 530 л. с. — всего	2 650	л. с.
скорость максимальная	128	км/час
„ „ „ крейсерская	117	„
радиус действия	11 250	км
экипаж	27—30	чел.
пассажиры	25 ¹	„

Указанный объем ко времени постройки «LZ-127» был максимально возможным и исходил из размеров наибольшего эллинга, имеющегося в то время на верфи в Фридрихсгафене. Но дирижабль и такого объема имеет весьма внушительные размеры, как это видно из его схемы и сравнения с большим океанским теплоходом на рис. 110. Особенностью дирижабля «LZ-127» по сравнению с ранее выпускавшимися дирижаблями типа «LZ» является второй коридор, проходящий от носа до кормы и расположенный выше килевого коридора. Кроме бензина, на «LZ-127» было применено с таким же приблизительно удельным весом, как воздух, газовое топливо, находящееся в специальных мешках, в нижней части баллонов с подъемным газом. Применение газового топлива для работы моторов дает значительные преимущества по сравнению с бензином и в смысле теплопроизводительности и в смысле веса, так как 30 000 м³ горючего газа заменяют 40 т бензина; кроме того, вместо металлических баков

¹ „LZ-127“ — транспортный дирижабль, предназначенный для рейсов большой дальности; кроме пассажиров, несет много почты и других платных грузов. Это, конечно, не исключает применения его как военного дирижабля, для чего потребуются очень незначительные переделки внутренних помещений.

для бензина применяются матерчатые мешки. Варьирование с величиной нагрузки позволяет довести продолжительность полета до 120 часов (5 суток).

Каркас дирижабля — это огромная дуралюминиевая, весьма сложная пространственная ферма, образованная из ряда расположенных друг за другом главных и вспомогательных шпангоутов, соединенных стрингерами. Расстояние между главными шпангоутами, образующими 17 отсеков дирижабля с отдельными газовыми баллонами из бодрюшированной материи, — около 15 м (рис. 111). Значение отдельных отсеков заключается в том, что при выходе газа из одного или даже двух отсеков

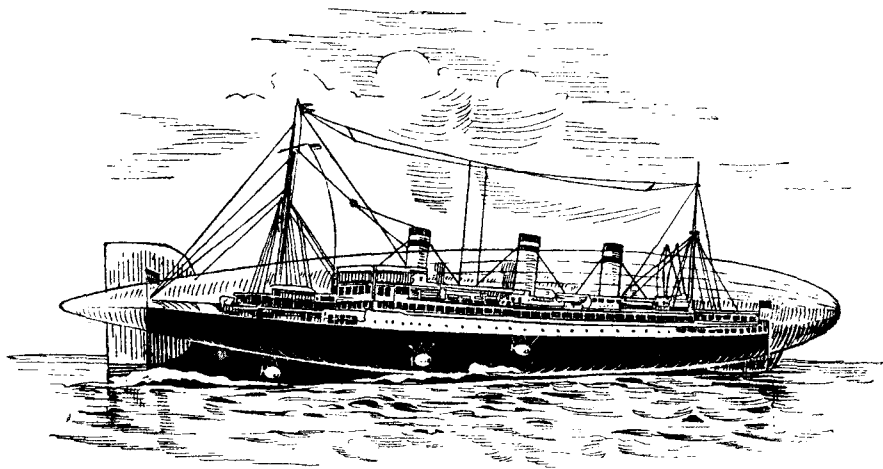


Рис. 110. Дирижабль „LZ-127“ и океанский теплоход.

(повреждение) дирижабль сможет пролететь еще значительное расстояние. Все шпангоуты в поперечном сечении представляют собой многоугольник (двадцативосьмиугольник). Пятнадцать главных шпангоутов, воспринимающих основные нагрузки, расчлены массой проволочных стальных расчалок, и кроме того, имеется еще по два вспомогательных (промежуточных) шпангоута в каждом отсеке, без расчалок. Нижняя часть шпангоутов образует главный коридор в нижней части дирижабля. Все балочки как стрингеров, так и шпангоутов в виде треугольных пространственных ферм — клепаные, на профилированных дуралюминиевых швеллерах, соединенных раскосами (рис. 112). У шпангоутов вершины треугольных балочек обращены внутрь, у стрингеров — наружу. Узлы пересечения стрингеров со шпангоутами образуются склепкой при посредстве дуралевых накладок и косынок (рис. 113).

Конструкция главных шпангоутов сложнее промежуточных. На рис. 114 показана сборка главного шпангоута на стапеле; рис. 115 отражает монтажные работы на каркасе «LZ-127».

Образующиеся при сборке каркаса панели расчаливаются стальными проволоками. Каркас дирижабля обтянут легкой крепкой хлопчатобумажной тканью, многократно окрашенной

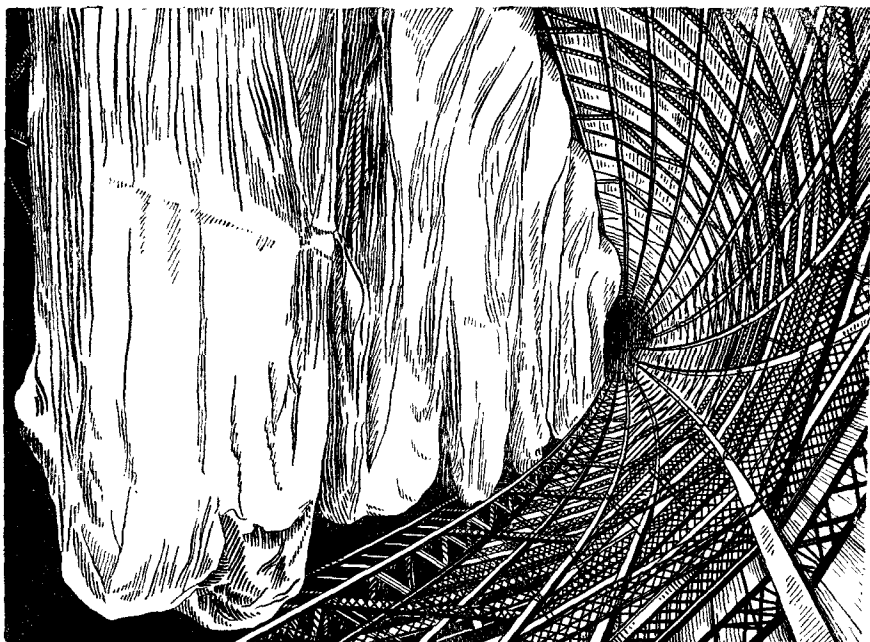


Рис. 111. Газовые баллоны без газа внутри отсеков дирижабля „LZ-127“.

алюминиевым порошком с целлоновым лаком. Стянутая лаком обтяжка шлифуется тонкой стеклянной бумагой.

Нижний коридор треугольного сечения, проходящий внутри вдоль дирижабля, представляет собой весьма прочную ферму, так как он должен воспринять на себя все нагрузки (вес гондол, горючее, балласт, грузы и т. п.). Второй коридор имеет второстепенное значение и предназначен главным образом для прохода по нему с целью контроля газных баллонов. В главном коридоре дирижабля, кроме всевозможных грузов, находятся каюты для экипажа, включая и кабину командира.

Бензиновые и балластные баки расположены группами по всему коридору (рис. 116).

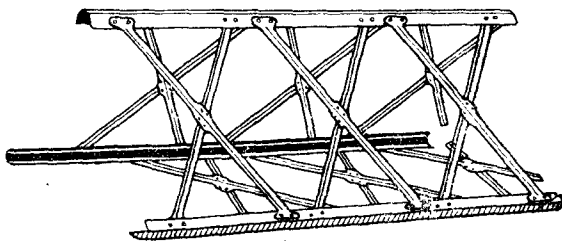


Рис. 112. Типовая балочка дирижабля Цепелина.

Газовые баллоны в выполненном состоянии прикасаются к легкой сетке из специального шнура, постановка которой необходима для равномерного распределения давления газа на каркас¹. Каждый газовый баллон имеет автоматические клапаны, расположенные в нижней части газового баллона и управляемые

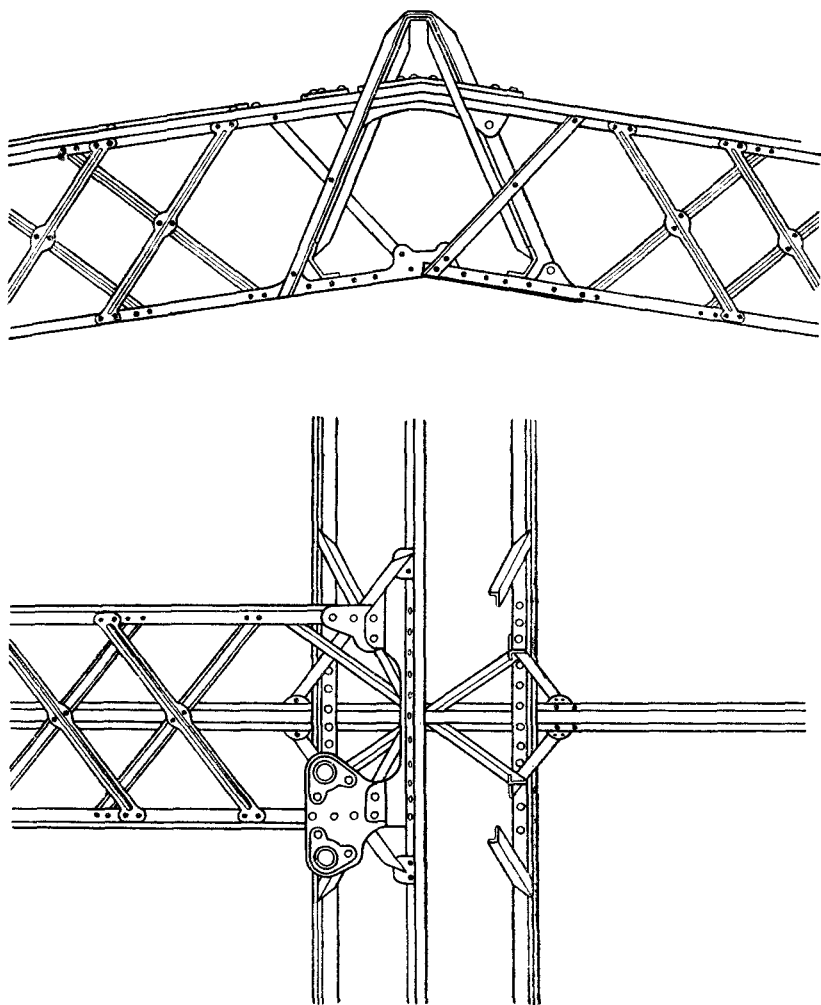


Рис. 113. Пересечение промежуточного шпангоута со стрингером.

в верхней его части. Газ, вышедший через автоматические клапаны по специальным вентиляционным шахтам, вытягивается наружу; клапаны, управляемые из командной рубки, сообщаются непосредственно с атмосферой.

¹ Интересно отметить, что на сетку для дирижабля «LZ-127» было израсходовано 120 км такого шнура.

Оперение, состоящее из двух вертикальных стабилизаторов с рулями направления и двух горизонтальных с рулями высоты, монтируется на корпусе с помощью ферменных крестов.

Стабилизаторы представляют собой также ферменную конструкцию. В нижнем вертикальном стабилизаторе расположен запасный пост управления рулями на случай порчи проводки управления, идущей из командной рубки gondoly управления.

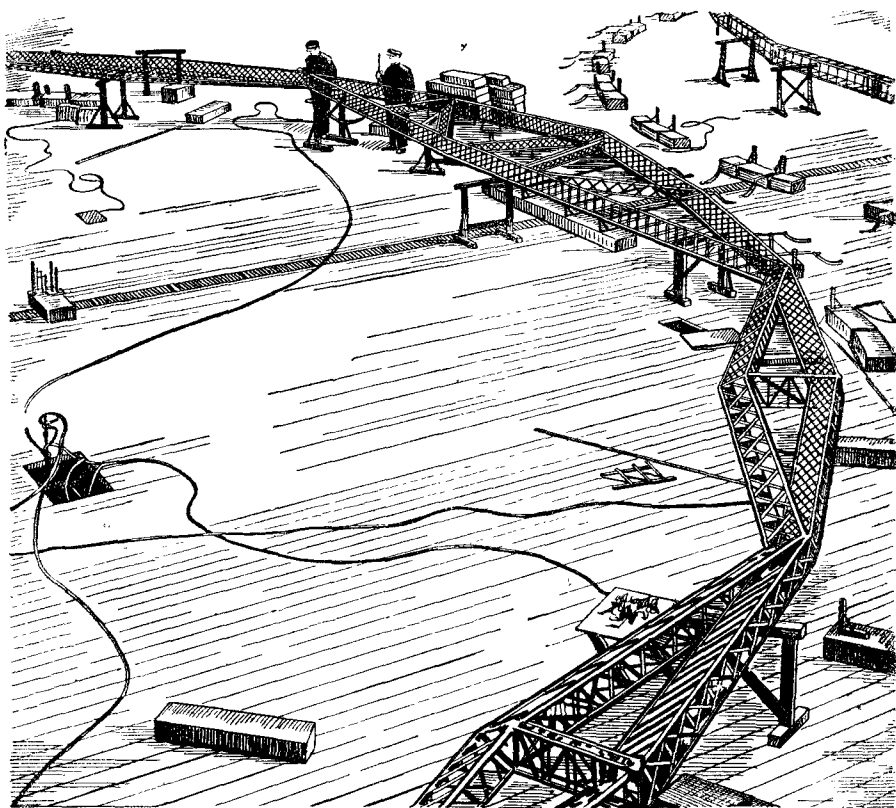


Рис. 114. Сборка главного шпайгоута дирижабля „LZ-127“.

Моторных гондол пять, в каждой из них помещен один мотор мощностью 530 л. с., весом 1 050 кг (рис. 117). Моторы реверсивные, т. е. могут давать винтам обратное вращение, что в большей степени облегчает маневры дирижабля, особенно при посадке. Моторные гондолы подвешиваются к корпусу дирижабля на тросах и укрепляются жесткими подкосами. Размеры моторных гондол вполне обеспечивают во время полета доступ ко всем частям мотора для ремонта и замены частей во время полета.

Главная гондола (рис. 118) присоединена непосредственно к корпусу в нижней и передней частях дирижабля. Гондола —

обтекаемой формы, имеет длину 30 м, ширину 6 м и высоту 2,25 м. Не касаясь пассажирских помещений в гондоле, которые весьма просторны и удобны, а также кают-компаний, кухни

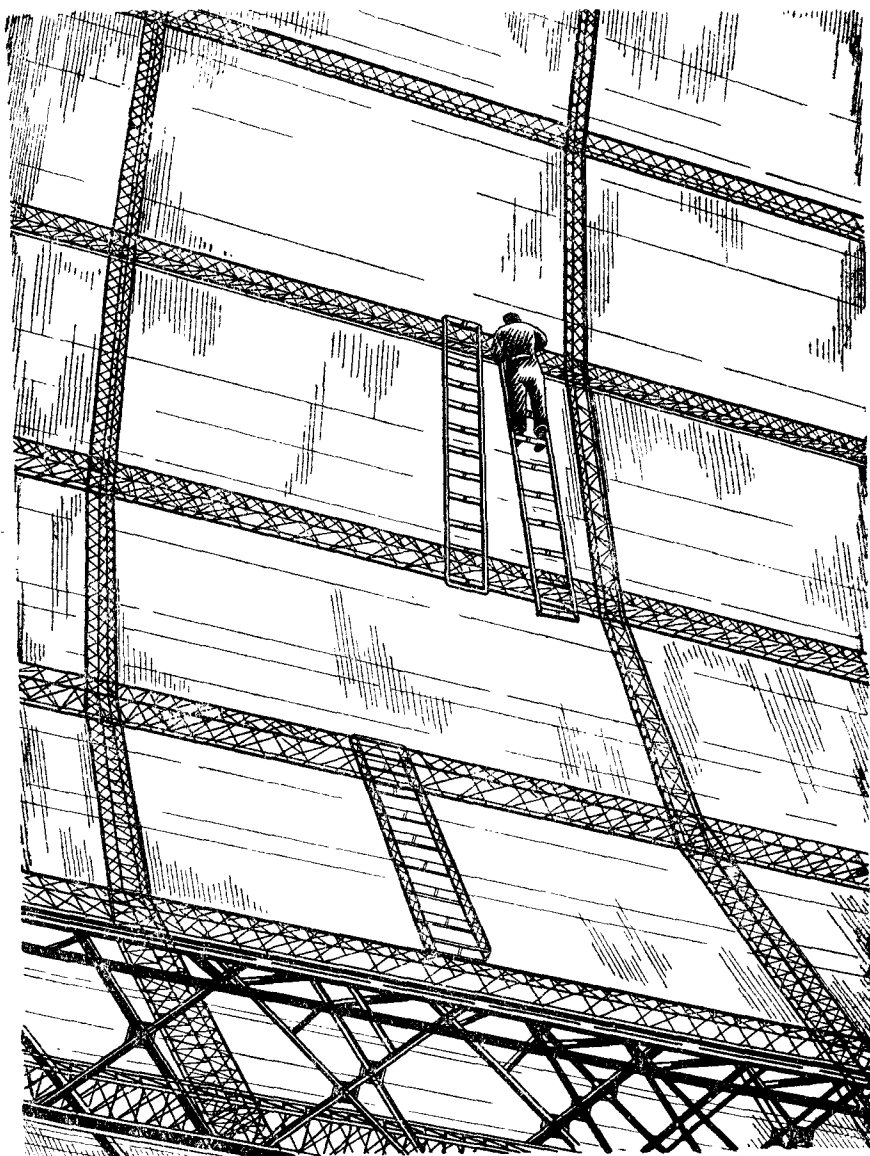


Рис. 115. Монтажные работы на каркасе дирижабля „LZ-127“.

и т. п., укажем, что в передней части гондолы находится рубка управления кораблем, к которой примыкают штурманская рубка и радиостанция, изолированная звукопоглощающей обшивкой и

хорошо вентилируемая во избежание возможного скопления газа, опасного при искрении во время работы с радиопередат-

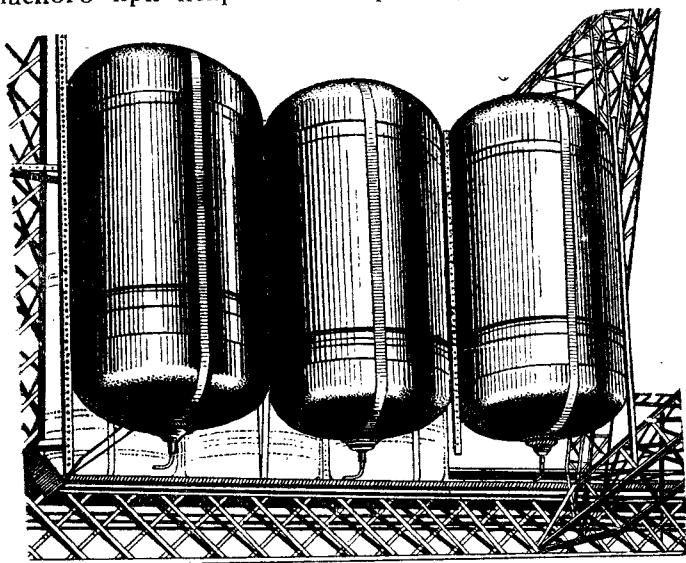


Рис. 116. Группа бензобаков в корноре дирижабля „LZ-127“.

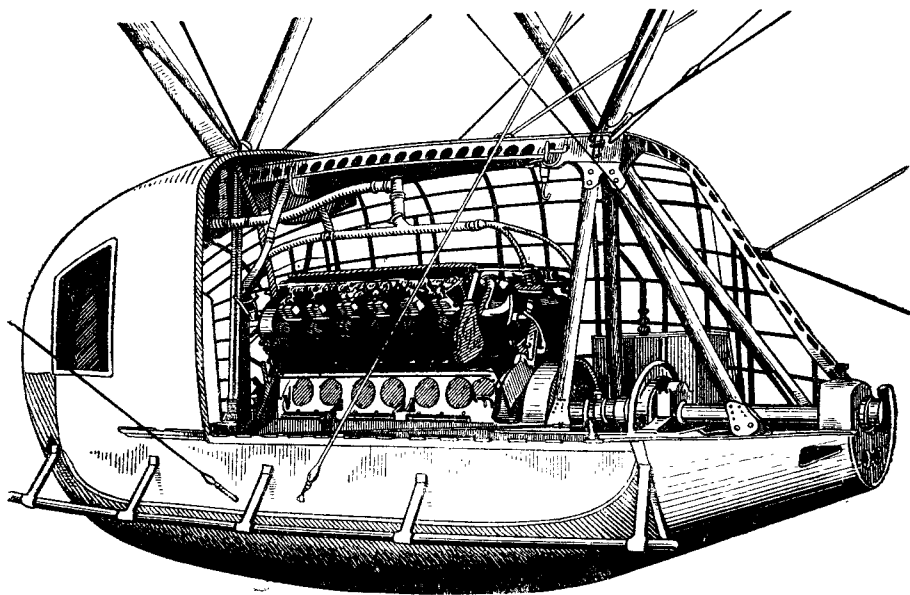


Рис. 117. Моторная гондола в процессе сборки дирижабля „LZ-127“.

чиком и приемником. Все помещения в главной и моторных гондолах, помещения для команды и коридор электрифицированы. Ток получается от генератора постоянного тока, приводи-

мого в движение ветрянкой. Дирижабль «LZ-127» мог производить посадку на воду, пришвартовываться к высокой мачте за носовую точку и к низкой мачте — нижней носовой точкой главной гондолы.

В Германии в 1936 г. был построен огромный дирижабль «LZ-129» («Гинденбург») объемом 200 000 м³, предназначенный

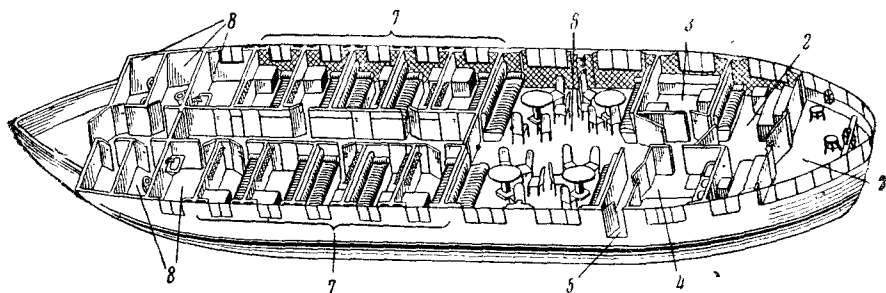


Рис. 118. Главная гондола дирижабля «LZ-127»:

1 — рубка управления, 2 — навигационная рубка, 3 — радио-рубка, 4 — кухня, 5 — выход, 6 — салон, 7 — кабина, 8 — туалет.

для регулярных полетов в Южную Америку и Индию с промежуточными базами в Барселоне, Роттердаме и др.¹ Конструктивные детали дирижабля «LZ-129» не будем описывать (в основном они одинаковы с «LZ-127»), приведем лишь его схему (рис. 119) и отметим некоторые особенности.

Характеристика дирижабля «LZ-129»

Объем	200 000	м ³
Длина	248	м
Диаметр миделя	41,2	"
Наибольшая высота	44,7	"
Удлинение	6,01	"
Полетный вес	214 000	кг
Вес конструкции (мертвый вес)	130 000	"
Полезная нагрузка	84 000	"
В полезную нагрузку входят:		
Горючее	60 000	л
Вода питьевая, для охлаждения моторов, балласт	6 000	кг
Почта и багаж	5 000	"
Пассажиры	50	чел.
Продовольствие	7 000	кг
Экипаж	2 000	"
Эксплуатационное оборудование	4 000	"
Максимальная скорость	135	км/час
Крейсерская скорость	125	"

Дальность полета при крейсерской скорости — 14 000 км. На дирижабле «LZ-129» гондола управления отделена от пассажирских помещений; последние расположены внутри каркаса и имеют галлереи с множеством окон. В помещении для пассажи-

¹ Дирижабль «LZ-129» сгорел при посадке после перелета в США в 1937 г. Причина пожара — атмосферное электричество.

ров есть две палубы, где находятся каюты, салон, читальня, курительная, кухня с лифтом и т. п.

Дирижабль «LZ-129» был снабжен четырьмя дизелями общей мощностью 4 400 л. с. Дизели выгодны в отношении расхода горючего и менее опасны в пожарном отношении. В конструкции газовых матерчатых баллонов предусмотрена возможность одновременного наполнения их водородом и гелием (баллоны с водородом находятся внутри баллонов с гелием). Это выгодно, так как автоматически расходуется только водород, но не дорогостоящий гелий, и кроме того, повышается пожарная безопасность. Этот корабль имел настолько обширное помещение для багажа, что в него можно было поместить самолет. В 1936 г. в освободившемся эллинге началась постройка дирижабля «LZ-130» несколько меньших размеров для скоростных почтовых сообщений и дирижабля «LZ-131» такого же объема. Намечена постройка дирижабля «LZ-132».

В Англии в послевоенный период желание связать метрополию с колониями и доминионами при помощи дирижаблей привело к постройке двух огромных дирижаблей. Одновременно начались работы по оборудованию воздушных линий, связывающих Англию с Египтом, Канадой (Монреаль) и Индией (Каррачи). В этих пунктах были построены газовые заводы, причальные мачты и эллинги¹.

Опыт неудачного копирования немецких цеппелинов во время войны 1914—1918 гг. и после нее приводил к катастрофам, как например гибель дирижабля «R-38», построенного в 1921 г. Англичане пошли по линии поисков новой конструктивной схемы

	«R-100»	«R-101»	«LZ-127»
Объем в м ³	140 000	141 600 ²	105 000
Длина в м	212,7	219,6	237
Диаметр в миделе "	39,9	39,6	30,5
Удлинение "	5,3	5,5	7,7
Количество стрингеров	16	15 главных и 15 промежу- точных	28
Количество шпангоутов	15	16	15 главных и 32 промежу- точных
Наибольшая скорость . . в км/час	103	102	128
Вес конструкции в кг	92 000	103 000	58 900
Вес двигателей " "	11 000	21 000	5 200
Мощность двигателей . . в л. с.	4 200	3 425	2 650
Полезная нагрузка в кг	50 000	40 000	54 450
Дальность полета с нормаль- ным грузом в км	6 000	3 000	11 250

¹ В настоящее время находятся в консервации и поддерживаются в таком состоянии, что могут быть всегда использованы.

² После переделки объем был доведен до 156 000 м³.

дирижабля и введения усовершенствований. В 1929 г. были построены два пассажирских дирижабля «R-100» и «R-101» объемам 140 000 и 141 600 м³. Оба эти дирижабля близки по конструкции, но так как они являлись опытными дирижаблями и строились на разных верфях, то оказалось, что они весьма различны и в отдельных частях конструкции и в эксплуатационной характеристике; сравним их с «LZ-127» (см. табл. на стр. 169).

Как видно, первые, несмотря на то, что объем их был на 35 000 м³ больше, все же имели меньшую полезную нагрузку, т. е. они чрезвычайно были перетяжелены, причем «R-101» был значительно тяжелее «R-100» (рис. 120). Дизели, впервые установленные англичанами на дирижабле «R-101», оказались в несколько раз тяжелее бензиновых моторов такой же мощности. Улучшение формы и целый ряд других ценных нововведений не могли компенсировать огромных недостатков, допущенных в силу неопытности в строительстве жестких дирижаблей.

После многих испытательных полетов и переделок, не улучшивших дирижабля, «R-101» отправился в свой первый рейс в Индию. Идя на высоте 100 м под дождем, дирижабль вскоре после отлета из базы (у берегов Франции) порывом ветра был брошен на землю; в результате катастрофы погиб 51 человек. Характерной особенностью конструкции дирижабля «R-101» было применение стали. Помещения для пассажиров и экипажа (две вахты по 17 человек) были расположены в самом корпусе дирижабля. Коридор и боковые проходы обеспечивали свободный доступ ко всем частям дирижабля, в том числе и к газовым клапанам, которые были расположены вдоль коридора.

В носовой части были устроены причальное приспособление и откидной трап для выхода на мачту причала.

Корпус дирижабля «R-100» построен из дуралюминия, и конструкция его близка к конструкции цеппелинов. Стрингеры и шпангоуты состоят из отдельных стандартизованных элементов, соединенных способом, позволяющим быстро заменить поврежденные части, не трогая с места соседних.

Поперечное сечение дирижабля представляет собой шестнадцатигранник. Все помещения, так же как и у дирижабля «R-101», расположены в корпусе. В трех моторных гондолах было установлено по два мотора (тандем) с двумя винтами — тянущим и толкающим. В период кризиса, охватившего весь капиталистический мир после 1929 г., дирижабль «R-100» был продан на слом.

В США еще в 1922 г. был построен жесткий дирижабль «Шенандоа» объемом 70 600 м³. Этот дирижабль, в основу конструкции которого был положен германский цеппелин «L-49», был далеко не совершенным типом жесткого дирижабля, тем более что он строился американцами, не имевшими опыта в строительстве таких кораблей. «Шенандоа» однажды во время эксплуатации был сорван штормом с причальной мачты и с оторванной носовой частью вынужден был пойти в полет, а после того как прошел шторм, произвел благополучную по-

садку в своей базе. «Шенандоа» погиб, попав еще раз в шторм. Это не остановило американцев, и они в счет германских репараций, под предлогом неполучения дирижабля при послевоенном дележе, добились постройки для них в Германии жесткого дирижабля «LZ-126» (1924 г.). Удачная эксплуатация этого корабля, названного «Лос-Анжелос» («ZR-3») ¹ в военно-морском флоте (участие его во всех маневрах, учениях, десантных операциях и т. п.), способствовала решению американского конгресса в 1926 г. о постройке двух больших дирижаблей. Привлечение к постройке новых дирижаблей немецких специалистов фирмы Цеппелин и большие на это дело затраты обеспечили в 1931 г. выпуск дирижабля «Акрон» («ZR-4»), предназначенного для работы в военном флоте. При постройке этого корабля были учтены все новейшие достижения техники. Не останавливаясь на подробном описании, приведем схему устройства дирижабля «Акрон», его основные характеристики и особенности конструкции (рис. 121).

Характеристика корабля

Номинальный объем газа (95% ⁰ / ₁₀ наполнения)	184 000 м ³
Общий объем (воздухоизмещение)	208 000 "
Длина	239,3 "
Наибольший диаметр	40,5 "
Удлинение	5,9 "
Ширина	41,9 м
Высота	44,7 "
Диаметр в миделе	40,5 "
Мертвый вес (вместе с оборудованием)	100,4 т
Полезная нагрузка	83,6 "
Подъемная сила	184,0 "
Максимальная скорость (на высоте 100 м)	135 км/час
Радиус действия при скорости 135 км/час	8 900 км
" " " " 111 "	11 100 "
" " " " 93 "	16 700 "
" " " " 74 "	24 100 "
Экипаж	48 чел.

По размерам дирижабль «Акрон» был самым большим из дирижаблей и наполнялся гелием. Каркас его построен из дуралюминия. В конструкцию были введены пространственные шпангоуты в виде тридцатишестиугольной нерасчлененной фермы, за исключением носа и кормы, где сечение двадцатичетырехугольное. Расстояние между главными шпангоутами — 22,5 м, где находятся три промежуточных шпангоута.

Для большей прочности конструкции применили три пространственных стрингера, представляющих собой коридоры.

Дирижабль «Акрон» имел 12 газовых отсеков, из которых наибольший по объему — около 28 000 м³.

Внешняя оболочка — непромокаемая и несгораемая хлопчатобумажная алюминированная ткань.

¹ После 8 лет эксплуатации дирижабль во время мирового кризиса разоружен, причем было установлено, что по состоянию материальной части он мог еще значительное время быть в эксплуатации.

На дирижабле «Акрон» было установлено восемь моторов «Майбах» по 550 л. с., общей мощностью 4 400 л. с. Моторы установлены внутри корабля, что в практике дирижаблестроения было осуществлено впервые. Моторы размещены в средней части корабля, в боковых коридорах, на главных шпангоутах, по четыре с каждой стороны. В этих местах устроены машинные помещения с хорошей вентиляцией, отделенные от остального внутреннего пространства корабля огнеупорными переборками.

Моторы расположены перпендикулярно оси корабля. Винты, вынесенные на консолях наружу, приводились в движение посредством вала и системы конических шестерен. Устройство консолей и всей системы передач таково, что винты можно поворачивать вверх, вниз и в любое промежуточное положение. Такое устройство винтомоторных установок выгодно с точки зрения аэродинамики, так как нет моторных гондол, кроме того, выгодно и в эксплуатационном отношении, так как применение тяги винтов в направлении, перпендикулярном линии полета, главным образом при взлетах и посадках, создает экономию газа. Нормальный запас горючего при взлете — 56 000 кг бензина, находящегося в 110 алюминиевых баках, и 680 кг масла в 8 баках. Часть баков при необходимости можно мгновенно сбросить. Расположены баки в коридорах. Клапаны, автоматические и маневрово-автоматические, расположены в верхнем коридоре, из которого за ними легко наблюдать.

Каждый газовый баллон имел один маневровый и три-четыре автоматических клапана, рассчитанных на скороподъемность дирижабля до 28 м/сек, что в 1 минуту дает повышение высоты на 1 600 м и имеет важное значение для военного дирижабля. Конденсационные установки (радиаторы), примененные на дирижабле «Акрон», давали возможность восстанавливать из отработанных газов воду. В основном это приспособление состоит из конденсаторов и труб, через которые проходит отработанный газ. Это важно для экономии газа. Расходуя, например, 56 000 кг бензина, дирижабль должен был бы подняться на большую высоту со значительным выходом газа из его баллонов. Замещая расходуемое горючее восстановленной из выхлопных газов водой, можно высоту полета держать всегда постоянной и иметь большое количество балласта. Воды удавалось сконденсировать даже больше (за счет влаги атмосферы), чем было израсходовано горючего.

Все жилые помещения находились внутри корпуса и отапливались. В нижнем стабилизаторе помещалась запасная рубка управления. Амортизаторы были установлены как на гондole управления, так и на нижнем стабилизаторе. Дирижабль типа «Акрон» в имеющемся у него специальном помещении (ангаре) нес не менее шести самолетов-истребителей, имевших возможность во время полета покинуть дирижабль и опять возвратиться на него. Это имеет огромное значение для защиты дирижабля. На «Акроне» было установлено 16 спаренных крупнокалиберных пулеметов, стрелявших трассирующими пулями. Пулеметы были

расположены так, что дирижабль не имел ни одного незащищенного сектора. Кроме пулеметных гнезд, расположенных по верхней части дирижабля, были установлены гнезда в корме и носу. Не считая экипажей самолетов, экипаж «Акрона» состоял из 48 человек, из них 10 офицеров. За год своей службы «Акрон» неоднократно принимал участие в маневрах морского флота. Стоил он дорого (5 370 000 долларов), так как являлся опытным дирижаблем. Пренебрежение метеорологическими условиями — вылет в шторм; допущенное при постройке перетяжеление на 7 000—8 000 кг — конструктивный недостаток, допускаявший возможное перетирание газовых баллонов о металлические части каркаса, — привели в апреле 1938 г. к гибели «Акрона». При полете над океаном в шторм, на недопустимой при таких условиях высоте полета, дирижабль нисходящим потоком был брошен на воду и ударами волн разбит (большинство экипажа погибло). Те же недостатки, правда, в меньшей степени, чем у «Акрона», оказались и у другого однотипного американского военного дирижабля «Мекон» («ZR-5»), стоимость постройки которого была уже значительно меньше (2 450 000 долларов). Два года «Мекон» был в эксплуатации морского флота США, совершая продолжительные полеты вдоль тихоокеанского побережья и участвуя в маневрах. В феврале 1935 г. разрыв газового баллона и посадка на воду послужили причиной гибели «Мекона». Из 85 человек, находившихся на борту, спаслись 83.

24. Дирижабли с металлической оболочкой

Незаконченные опыты Шварца в России, первый и единственный полет построенного им дирижабля в Германии (1897 г.) и разработанный еще ранее проект цельнометаллического дирижабля известного всему миру нашего знаменитого энтузиаста науки К. Э. Циолковского (1857—1933 гг.) не послужили толчком к развитию цельнометаллических дирижаблей, так как в то время еще не было соответственной технической базы. На основе многолетней конструкторской и исследовательской работы известного американского инженера Эпсона только в 1928 г. был заложен, а в 1929 г. построен и передан армии США опытный дирижабль небольшого объема с металлической оболочкой — «ZMC-2». Форма дирижабля — яйцевидная, с удлинением 2,82, что далеко от удлинения дирижаблей «Цепелин» (рис. 122).

Каркас корпуса состоит из 12 поперечных кольцеобразных шпангоутов и 24 продольных криволинейных (по обводу оболочки) стрингеров. Пять главных шпангоутов расчалены проволокой. Каркас сделан весьма легким, так как металлическая оболочка (в которой непосредственно находится газ), приклепанная к каркасу, в отличие от газовых матерчатых баллонов в жестких дирижаблях, также несет нагрузки. Оболочка корпуса состоит из тонких металлических листов толщиной 0,25 мм.

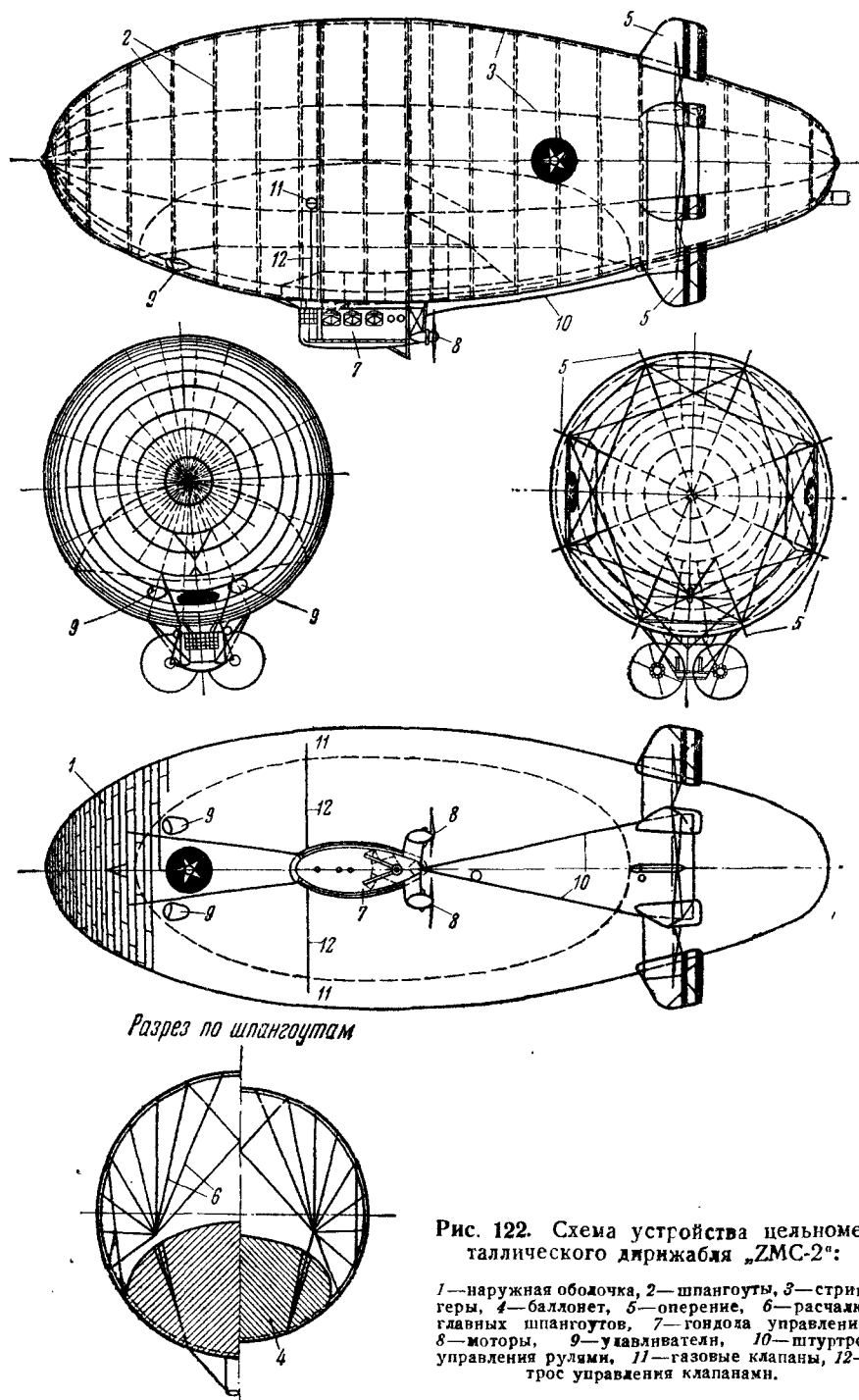


Рис. 122. Схема устройства цельнометаллического дирижабля „ZMC-2“:

1—наружная оболочка, 2—шпангоуты, 3—стрингеры, 4—баллоны, 5—оперение, 6—расчалка главных шпангоутов, 7—гондола управления, 8—моторы, 9—улавливатели, 10—штуртрос управления рулями, 11—газовые клапаны, 12—трос управления клапанами.

Чтобы избежать газопроницаемости, листы склеиваются с особой шпаклевкой. Нос и корма корпуса снабжены люками для прохода внутрь оболочки людей, периодически контролирующих ее состояние. Люки закрываются привинчивающимися крышками с прокладками.

Приведем основные характеристики дирижабля «ZMC-2».

Объем	5 660 м ³
Длина	45,8 м
Диаметр в миделе	16,2 "
Объем баллонета	1 860 м ³
Мощность — 2 мотора «Райт» по	200 л. с.
Радиус действия при крейсерской скорости:	
при наполнении гелием	1 100 км
" " водородом	1 800 "
Максимальная скорость при 400 л. с.	100 км/час
Крейсерская " 220 " "	80 "
Статический потолок:	
при наполнении гелием	2 400 м
" " водородом	3 000 "

Для поддержания давления в газовом пространстве внутри оболочки находятся два матерчатых баллонета. Нагнетание воздуха в баллонеты происходит при помощи улавливателей, которые можно открывать и закрывать. При необходимости создать диферент корабля воздух может поступать в один из баллонетов. Как на оболочке, так и на баллонетах имеются автоматические и одновременно управляемые клапаны. Автоматический газовый клапан открывается при давлении 115 мм вод. ст. В носовой и кормовой частях внизу имеются плотно закрывающиеся отверстия для наполнения и подполнения газом. В носовой части дирижабля устроено разрывное приспособление для быстрого выпуска газа из оболочки в случае необходимости. Оперение состоит из восьми стабилизаторов, расположенных по окружности оболочки, из них четыре, расположенные попарно сверху и снизу, служат для прикрепления рулей направления, а другие две пары стабилизаторов, находящиеся на боковых частях оболочки, несут рули высоты. Управление рулями производится при помощи тросовых тяг из гондолы. Гондола — удобообтекаемой формы, крепится непосредственно под оболочкой (рис. 123). Баки для горячего имеют клапаны для быстрого их опоражнивания, расположены они в кормовой части гондолы.

В том же 1929 г. был построен и выпущен другой, чрезвычайно интересный дирижабль «Слейт» с цельнометаллической оболочкой. По конструкции он отличался от дирижабля «ZMC-2»:

Объем этого дирижабля	9 540 м ³
Длина	67 м
Диаметр	17,7 "
Подъемная сила (водород)	10 500 кг
Полезный груз	3 170 "
Рассчитан на перевозку 40 пассажиров	

Дирижабль «Слейт» имеет гофрированную оболочку из листового дуралюминия. Конструкция его представляет собой ряд

кольцеобразных шпангоутов, расположенных близко один к другому. Стрингеров нет, продольные усилия воспринимает сама оболочка.

В качестве двигателя была применена паровая турбина мощностью 400 л. с., помещенная на носу дирижабля и вращающая

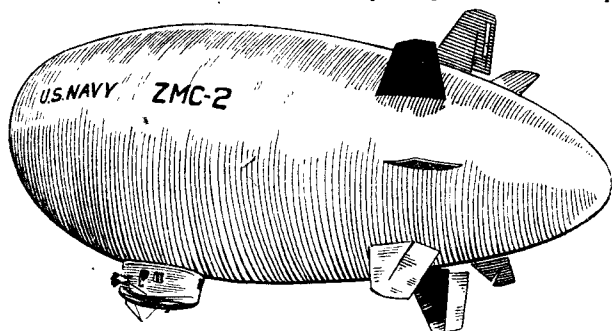


Рис. 123. Цельнометаллический дирижабль „ZMC-2“ (США).

обыкновенный центробежный вентилятор диаметром 1,7 м со скоростью от 4 000 до 6 000 об/мин. Вентилятор всасывает из пространства воздух и с огромной скоростью — до 480 км/час — отбрасывает его назад, создавая реактивное действие, сообщаящее дирижаблю поступательное движение.

25. Клапаны

В каждом воздушном корабле имеется автоматический или управляемый газовый клапан; бывает по два клапана — и автоматический и управляемый. Назначение клапанов: автоматического — освободить газовый баллон от чрезмерного давления газа; управляемого — уменьшить подъемную силу воздушного корабля или аэростата при спуске. Таким образом, клапаны являются средством регулирования сплавной силы и внутреннего давления в оболочке; от безотказности их действия зависит безопасность воздушного корабля.

Диапазон между нормальным полетным и максимально допустимым давлением внутри оболочки для мягких дирижаблей и аэростатов должен составлять 40—60 мм, для полужестких дирижаблей — 15—30 мм вод. ст., тогда как разность атмосферного давления и, следовательно, сверхдавления в замкнутой оболочке при подъеме на 1 000 м составляет 1 080 мм.

Сверхдавлением называют величину давления в баллоне по сравнению с наружным атмосферным давлением. При этом нужно иметь в виду, что с высотой сверхдавление в баллоне возрастает и на величину его, независимо от формы сосуда, влияет только высота газового столба. Ясно, что оболочка в виде шара, с открытой нижней частью, диаметром 20 м и оболочка диаметром 1 м, но с аппендиксом, равным по длине 19 м, будут иметь в верхней точке одинаковое сверхдавление, рав-

ное высоте столба газа, умноженной на удельную подъемную силу газа, которым наполнена оболочка. К примеру, если в оболочке водород, то сверхдавление будет равным $20 \cdot 1,1 = 22$ мм, если светильный газ, то оно будет равным $20 \cdot 0,7 = 14$ мм.

Возрастание сверхдавления происходит по линейному закону. Если отверстие внизу закрыто и в нижней точке баллона есть какое-то сверхдавление, например 10 мм, то в верхней точке сверхдавление получится таким же путем, как в первом случае, с прибавлением начального давления. Величина сверхдавления в этом случае будет равна 32 мм, т. е. будем иметь нагрузку в 32 кг на 1 м² материи. Ясно, что, подняв небольшой шар на значительную высоту на резиновой трубке, которая до конца наполнена газом, можно создать такое сверхдавление в шаре, что он лопнет.

Сверхдавление на заданном уровне в баллонетных аэростатах и дирижаблях (мягких и полужестких) сохраняется благодаря баллонету; в аэростатах же с растягивающейся системой давление возрастает постепенно до полного ее растяжения.

По мере выполнения баллонов жесткого дирижабля, оболочек полужесткого и мягкого дирижаблей, баллонетных аэростатов и аэростатов с растягивающимися системами, с поднятием на высоту (или при разогреве) сверхдавление начинает возрастать, и по достижении расчетного давления клапан должен быть приведен в действие. Клапан рассчитан на пропускную способность газа в таком размере, чтобы обеспечить скороподъемность аппарата. Отказ в работе клапана может привести к возрастанию давления в оболочке до того, что она лопнет. Плохо закрытый клапан после открывания вызывает быструю потерю газа, резкое уменьшение подъемной силы и может привести к аварии.

Отсюда ясно, что клапан является чрезвычайно ответственным элементом в конструкции.

Расчет диаметра клапана и высоты поднятия его тарелки может быть произведен, исходя из выпускной способности клапана Q , которая зависит от его живого сечения F , скорости истечения газа v , коэффициента k и скороподъемности w . Коэффициент k всегда меньше единицы (коэффициент сжатия струи газа), он равен от 0,48 до 0,65.

Секундный расход газа Q определится по заданным U и w из формулы:

$$Q = \frac{Uw}{8000} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (17)$$

где U — объем оболочки в м³,
8 000 — высота однородной атмосферы в м.

Скорость истечения для газовых клапанов подсчитывается по формуле:

$$v = \sqrt{2g \frac{p}{s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{0,289}} p = 8,24 \sqrt{p} \text{ м/сек}, \quad (18)$$

где g — ускорение силы тяжести, равное 9,81;

p — давление газа в месте расположения клапана при его автоматическом открытии;

s — удельный вес водорода относительно воздуха.

Площадь живого сечения клапана определится из формулы:

$$F = \frac{Q}{v} = k \frac{Uv}{\sqrt{2g \frac{p}{s} \cdot 8000}} \text{ м}^2, \quad (19)$$

или, подставляя в формулу (18) величины, подсчитанные по формулам (16) и (17), будем иметь:

$$F = 0,0001515 k \frac{U}{\sqrt{p}} \text{ м}^2. \quad (20)$$

Отсюда легко определить площадь тарелки клапана и его диаметр.

Конструкции клапанов весьма разнообразны; они зависят от размера газового баллона, на котором поставлен клапан. Каждый клапан должен обладать следующими качествами:

- а) прочность и надежность действия;
- б) доступность для осмотра, регулировки, исправлений;
- в) простота установки и снятия;
- г) малый вес;
- д) малая газопроницаемость при закрытии;
- е) предупреждение возможности проскакивания искры атмосферного электричества;
- ж) отсутствие перекосов при закрывании.

Остановимся на конструкции нескольких наиболее простых клапанов разных назначений. В аэростатах заграждения приме-

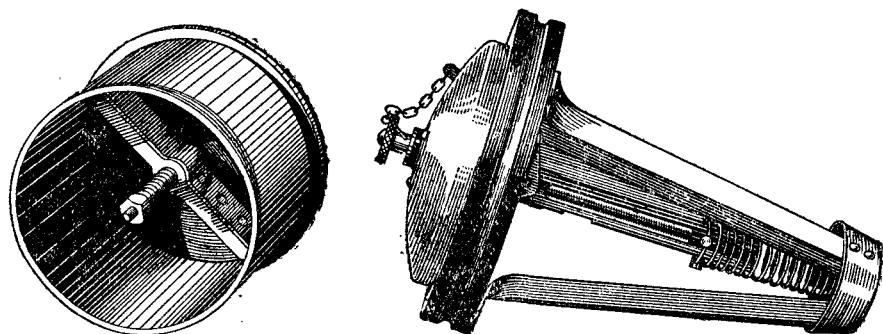


Рис. 124. Клапаны аэростата заграждения.

няются клапаны наиболее простых конструкций. Крепятся они в матерчатом клапанном рукаве путем перевязки по мягкому резиновому ободу или ободку с углублением (рис. 124). Тарировка клапана производится на величину давления, установленную для данной конструкции. Для некоторых конструкций обеспечена возможность регулировки снаружи при помощи винта, проходящего вдоль всего клапана.

Для сферических и привязных аэростатов (баллонетных) часто применяется клапан типа «Како». Это тарельчатый, открывающийся внутрь баллона клапан, приводимый в действие или пило-

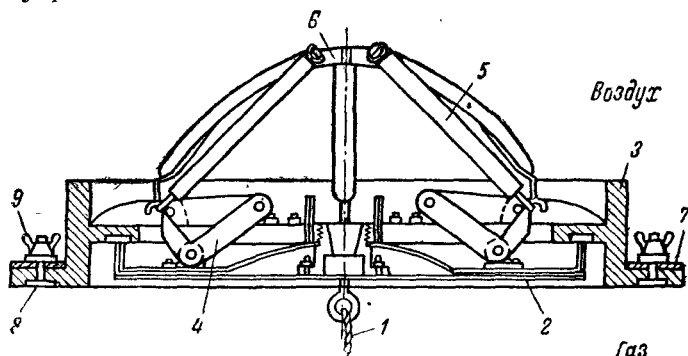


Рис. 125. Клапан типа „Како“:

1—веревка для открытия клапана, 2—тарелка, 3—корпус, 4—рычажные механизмы, 5—пружины, 6—кольцо для крепления пружины, 7—зажимное кольцо для крепления к оболочке, 8—болты, 9—барашки.

том, или натягивающейся тягой от баллонета (в этом случае его действие автоматическое) (рис. 125). Спиральные пружины в клапане «Како» действуют не непосредственно на тарелку,

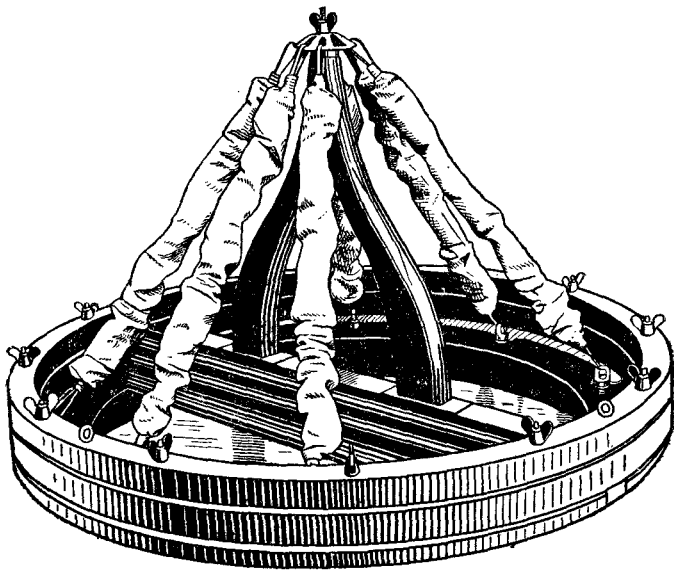


Рис. 126. Французский клапан для сферических аэростатов.

а через рычаги. Отсутствие прямого автоматического действия не требует точной регулировки, которая для этого клапана не предусмотрена. Клапан тарируется только на весовую силу открытия порядка 12—20 кг. Корпус клапана «Како» склеен из

нескольких слоев дерева, обклеивается еще и прорезиненной материей для газонепроницаемости.

На выточке корпуса двумя кольцевыми металлическими накладками прикрепляется кольцо из тонкой резины, к которому прикасается клапанная металлическая тарелка при закрытом положении.

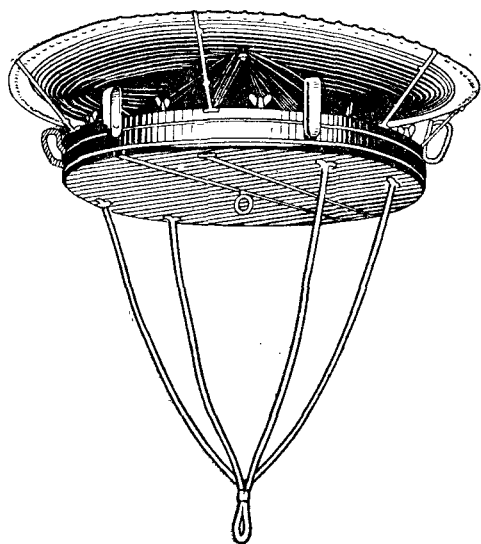
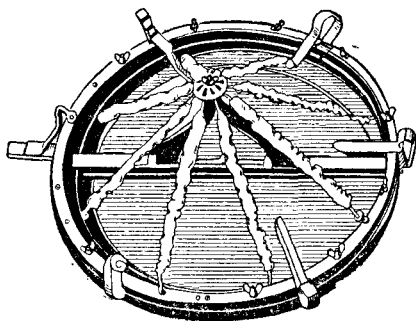


Рис. 127. Клапан для сферического аэростата.

Неавтоматические клапаны, у которых спиральные пружины действуют непосредственно на тарелку, могут быть весьма разнообразной конструкции. Применяются они главным образом для сферических аэростатов.

Французский клапан (рис. 126) представляет собой конструкцию, состоящую из деревянного корпуса с перекладиной и стойками, к вершине которых крепятся шесть спиральных пружин в матерчатых водонепроницаемых чехлах, имеющих складки для возможности растяжения пружин. Клапан присоединяется к оболочке путем зажима винтами борта специального отверстия в оболочке между верхним и нижним кольцами клапана. К этому же типу относится клапан с восемью спиральными пружинами в чехлах и с колпаком, предохраняющим от попадания в него воды и снега. Этот клапан более компактный и легкий по весу (рис. 127).

Отметим клапан немецкой фирмы Редингер для сферических аэростатов. Этот клапан

может быть назван плоским клапаном в силу того, что его тарелка прижимается к гнезду посредством четырех ленточных пружин (рис. 128 и 128а). Пружины заключены в коробки и действуют на тарелку через тросовые тяги. Устанавливается клапан аналогично вышеописанному.

Обтянутый материей шарообразный колпак, защищающий от дождя и снега, при открывании клапана открывается автоматически.

Для аэростатов больших объемов иногда применяются клапаны, управляемые посредством сжатого воздуха из гондолы

(пневматические). Воздух действует на поршень со штоком в металлическом цилиндре, расположенном вне оболочки, и своим давлением открывает внутрь баллона тарелку клапана, которая может быть значительных размеров.

В пневматическом клапане пружины действуют на тарелку непосредственно, причем от возможных перекосов ее предохраняют шесть направляющих в виде плоских шарнирных петель (рис. 129).

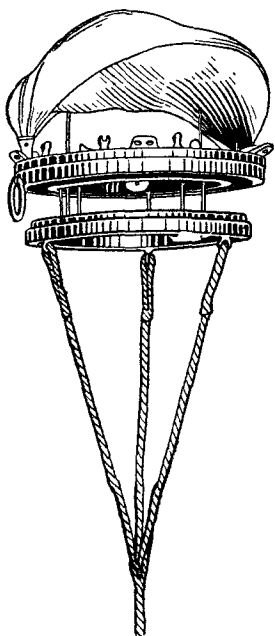


Рис. 128. Клапан открыт.

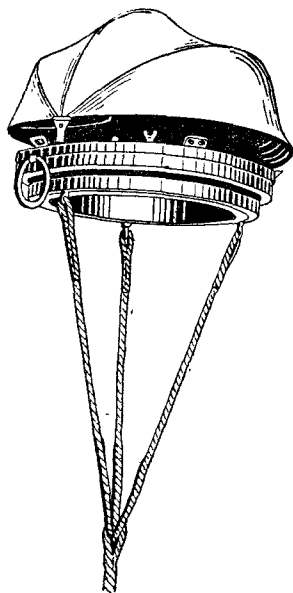


Рис. 128а. Клапан закрыт.

Необходимо указать, что все металлические части деревянных клапанов должны быть надежно соединены проводником во избежание проскакивания электрической искры. Из автоматических клапанов для аэростатов наблюдения можно указать на клапан французского аэростата наблюдения «БД». Это металлический клапан (дуралюминиевый) автоматического действия, с механизмом, обеспечивающим точность и надежность регулировки. Диаметр клапана — 370 мм. Присоединяется к оболочке так же, как и клапаны сферических аэростатов¹. Пружины клапана соединены с тарелкой через рычажную систему.

Клапан тарируется на давление до 60 мм вод. ст. с расчетом его открытия при давлении на 5 мм больше того, при котором оболочка будет выполнена. Перетарировка установленного на

¹ В последнее время клапаны ставятся на специальном рукаве (типа аппендикса), что позволяет устанавливать и снимать клапаны с аэростата без опораживания оболочки.

аэростат клапана невозможна, так как клапанный механизм находится внутри газового баллона и открытие тарелки происхо-

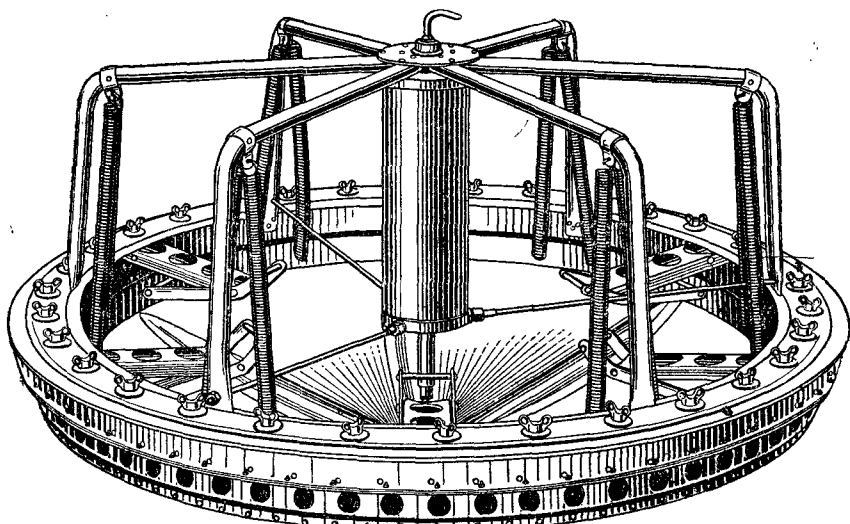


Рис. 129. Пневматический клапан.

дит наружу. Тарелка может также открываться посредством клапанной веревки, проходящей в корзину ¹.

¹ Клапаны вообще могут тарироваться на специальных установках, представляющих собой как бы бочку с матерчатым рукавом в ее верхней части или специальным седлом, в которое вставляется клапан. На тарелку клапана наливается вода, и в бочке создается давление от компрессора или вентилятора.

По достижении расчетного давления клапан должен открываться, что будет видно по пузырькам воздуха, проходящего через воду. Если открытия не происходит, то необходимо ослабить пружины, при открытии же раньше расчетного давления пружины необходимо подтянуть. Можно проверить тарировку клапана подвешиванием к его тарелке груза, величину которого легко определить, высчитав площадь клапанной тарелки по формуле:

$$S = \frac{\pi D^2}{4},$$

где D — диаметр тарелки в м;

$\pi = 3,14$;

S — площадь в м².

Так, например, если диаметр тарелки 0,37 м, то площадь ее будет:

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,37^2}{4} = 0,0964 \text{ м}^2.$$

Чтобы клапан открылся автоматически при давлении в аэростате, равном, например, 60 мм вод. ст., что значит при 60 кг нагрузки на 1 м² поверхности оболочки, к клапану с площадью 0,0964 м² для его открытия должна быть приложена нагрузка, равная $60 \times 0,0964 = 5,8$ кг.

Если клапан открывается при меньшей или большей нагрузке, пружины его должны быть укорочены или удлинены.

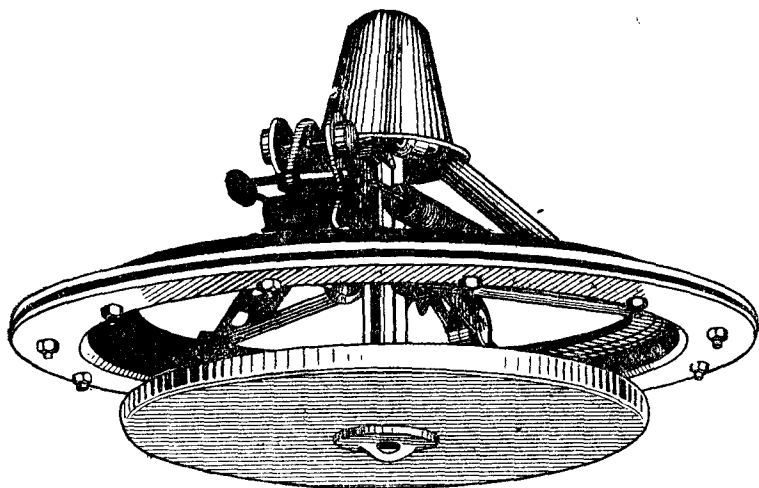


Рис. 130. Автоматический газовый клапан для дирижаблей.

Клапаны для дирижаблей отличаются многообразием конструкций и размеров. Приведенный на рис. 130 типовой клапан «Аегазиг», устанавливаемый на французских дирижаблях, в зависимости от объема баллонов дирижабля, может быть различных размеров. Клапан металлический, автоматического действия, с точным механизмом, обеспечивающим надежность его работы. Открывается клапан наружу; способ присоединения его к оболочке виден на рисунке.

Во избежание перекашивания тарелки при закрытии клапана шток тарелки проходит в направляющих. Регулировка пружин в клапанах достигается сокращением или удлинением их. Воздушные клапаны в дирижаблях (полужестких и мягких) по конструкции проще, так как их функции менее ответственны. Воздушные клапаны — обычно автоматические, но можно открыть их

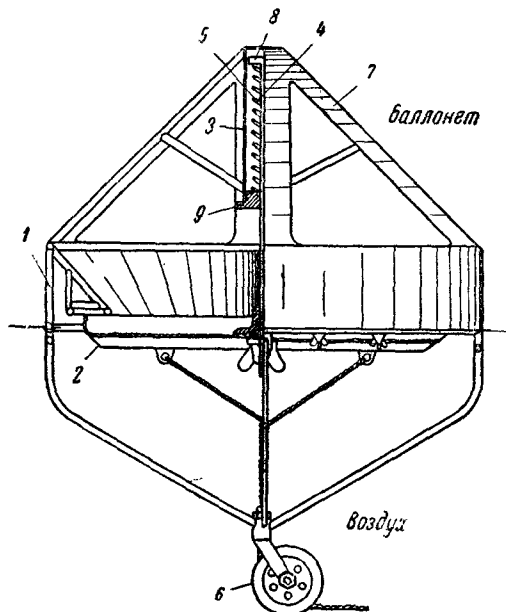


Рис. 131. Воздушный клапан дирижабля:

1—корпус, 2—тарелка, 3—центральная трубка, 4—шток, 5—пружина, 6—ролик для тяги, 7—внутренняя тренога, 8—пробка, 9—крышка трубки.

и вручную. Имеются также клапаны, открывающиеся только вручную. Конструкция воздушного клапана, представленная на рис. 131, применялась для мягких дирижаблей. Корпус клапана сварен из стальных трубок и обтянут прорезиненной материей. Тарелка сделана из листового дуралюминия. В центральной трубке движется шток, соединенный с тарелкой. Сильная пружина расположена между пробкой и крышкой клапана; регулируется она посредством барашка, опирающегося на тарелку и навинчивающегося на винтовую часть штока с наружной стороны баллонета. Нижняя тренога служит для установки ролика, по которому проходит трос ручного управления. Внутренняя тренога обтягивается материей с целью не повредить материю баллонета.

Полужесткие дирижабли с несколькими отсеками баллонета имеют один воздухопровод. Поэтому на вводах воздухопровода

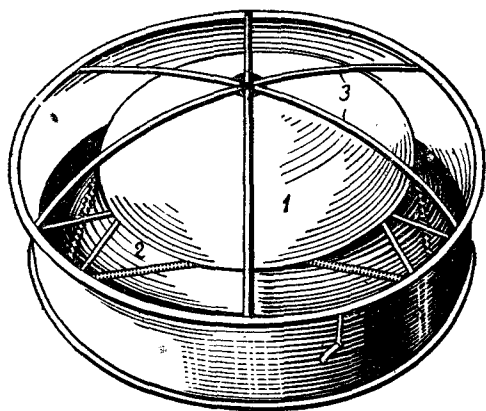


Рис. 132. Обратный (возвратный) клапан:

1 — тарелка, 2 — пружины, 3 — предохранительные дуги.

в отсеки необходимо ставить обратные (возвратные) клапаны, пропускающие воздух в баллонет, но не допускающие выхода его обратно. Конструкция такого клапана весьма проста (рис. 132). Корпус его сварной из трубок и обтянут материей. Тарелка имеет трубчатый обруч и также обтянута материей. Пружины размещены по обручу тарелки; идущие внутрь баллонета металлические дуги предохраняют клапан от попадания в него материи баллонета.

Клапан открывается под давлением воздуха; величина давления зависит от скорости ветра, полета или от скорости струи воздуха, создаваемой винтом; ниже дана табл. 19 аэродинамического давления (в мм вод. ст.) при различных скоростях.

Для регулирования скоростного напора воздуха входные отверстия воздухопроводов имеют специальные заслонки, закрывающиеся из гондолы. Эта же таблица дает представление о том, насколько важно иметь перед подъемом или полетом

внутреннее давление газа, в особенности при больших скоростях ветра.

Т а б л и ц а 19

Скорость		Аэродинамическое давление (скоростной напор) в мм вод. ст.
км/час	м/сек	
0	0,0	0
10	2,8	0,48
20	5,6	1,76
30	8,3	4,34
40	11,2	7,65
50	13,9	11,80
60	16,7	17,36
70	19,5	23,76
80	22,2	30,89
90	25,0	39,06
100	27,8	48,25
150	41,6	107,05
200	55,6	191,67

Глава V

СТАТИКА ВЫПОЛНЕННОГО И НЕВЫПОЛНЕННОГО АЭРОСТАТА

В этой главе разбираются основные положения статики применительно к сферическим аэростатам; эти же выводы нетрудно применить для привязных аэростатов и дирижаблей, тем более что всякий привязной аэростат может оказаться в положении свободного полета (правда, в исключительных случаях).

Так как подъем аэростата происходит в условиях уменьшения атмосферного давления с высотой, то вследствие этого при подъеме постоянно будут уменьшаться удельная подъемная сила газа и его полная подъемная сила.

Поведение и чувствительность аэростата к операциям, применяемым для его управления при выполненном и невыполненном его состоянии, совершенно различны.

Аэростат с открытым аппендиксом может быть выполненным и невыполненным и в течение полета может переходить от одного состояния к другому несколько раз.

Поэтому необходимо знать причины, вызывающие возможность такого перехода, и отличительные свойства этих состояний наполнения.

Открытый аэростат в выполненном состоянии при повышении температуры или уменьшении давления будет терять через аппендикс расширяющийся газ, и вес газа в оболочке уменьшится, а объем его, если оболочка нерастяжима, останется неизменным.

При изменении температурных условий или повышении давления атмосферы при спуске газ сжимается и становится в объеме меньше, чем объем оболочки, следовательно, аэростат переходит в невыполненное состояние.

Зоной выполнения называется высота, где газ в любом воздухоплавательном аппарате расширится до внутреннего объема оболочки и начнет выходить через аппендикс или через автоматический клапан.

Подъемная сила всякого невыполненного и выполненного аэростата равна произведению удельной подъемной силы газа на объем газа в аэростате.

Если подъемная сила аэростата равна его полному весу (исключая вес газа), то аэростат будет находиться в равновесии, т. е. не будет ни подниматься, ни опускаться; сплавная сила у аэростата в этот момент отсутствует.

При выбрасывании балласта или при увеличении подъемной силы газа аэростат станет легче, т. е. появится сплавная сила, и он станет подниматься до тех пор, пока с повышением высоты подъемная сила не уменьшится настолько, что опять сравняется с весом конструкции. Это и будет зоной равновесия аэростата.

Нужно иметь в виду, что поднимающийся аэростат, дойдя до зоны равновесия, не всегда на ней удержится. Незначительное превышение высоты подъема (что может случиться хотя бы вследствие инерции) повлечет за собой опускание аэростата до земли, если только не будет сброшен балласт.

Выполненное состояние при подъеме характерно лишь для сферических аэростатов сравнительно небольших объемов.

Поскольку подъем выполненного аэростата будет происходить в зависимости от величины начальной сплавной силы и последующего расхода балласта, приведем формулу, определяющую влияние расхода балласта на повышение высоты полета выполненного аэростата:

$$\Delta h = 10000 \frac{g}{G - \frac{g}{2}}, \quad (21)$$

где Δh — приращение высоты;

G — нагрузка аэростата (подъемная сила);

g — расход балласта в кг.

Пример. Аэростат (сферический) объемом 900 м³. Полная подъемная сила аэростата — 1 000 кг. Выброшено балласта 50 кг. На какую высоту поднимется аэростат?

$$\Delta h = 10000 \frac{50}{975} = 513 \text{ м.}$$

Ясно, что чем больше будет выброшено балласта, тем больше высота подъема аэростата и быстрее его взлет.

Влияние выбрасываемого балласта выражается следующим законом: независимо от объема аэростата, газа, общего веса системы и высоты, на которой происходит уменьшение в весе, при

выбрасывании балласта, равного по весу 1% от полной подъемной силы, аэростат повысит свою высоту приблизительно на 100 м, откуда ясно, что выбросить ли весь балласт сразу у земли или расходовать его постепенно — результат в отношении высоты подъема будет в обоих случаях одинаков.

Нужно иметь в виду, что высота выполненного аэростата, независимо от объема, веса аэростата и высоты подъема (полета), при уменьшении температуры окружающего воздуха на 1° увеличивается, а при увеличении температуры воздуха на 1° уменьшается приблизительно на 30 м. Температурные влияния на газ весьма значительны, и ясно, что наполнение аэростатов должно производиться с учетом температуры. Если аэростат наполняют из баллонов или в тени, то при выводе на солнце, при нагреве газа например на 15° , увеличение в объеме выразится в $15 \cdot 0,4\% = 6\%$.

Если привязной аэростат наполнили в тени по метке на контрольной ленте, то при выводе его к месту подъема газ разогреется и при подъеме будет теряться через клапан, так как выполнение аэростата произойдет ниже его расчетного потолка.

Невыполненный аэростат, называемый иногда аэростатом с постоянным весом газа, будет находиться в таком состоянии до зоны выполнения. До этой зоны сплавная сила у невыполненного аэростата будет постоянной.

К невыполненным аэростатам, кроме сферических, имеющих открытый аппендикс, нужно отнести и привязные аэростаты, имеющие баллонет или растягивающуюся систему, а также и дирижабли. Когда вес размотанного привязным аэростатом троса станет равным первоначальной сплавной силе, аэростат подниматься выше не сможет, независимо от того, выполнен ли он или нет.

Это будет статический потолок аэростата.

Высота подъема привязного аэростата может быть вычислена по следующей формуле (приблизительно):

$$H = \frac{\phi V \left(2 - \sqrt{1 + \frac{H}{400\phi}} \right) - G}{g}, \quad (22)$$

где H — высота подъема;

V — объем аэростата;

G — полный вес аэростата со снаряжением;

g — вес погонного метра троса;

ϕ — удельная подъемная сила газа.

Конечно, эта формула не учитывает аэродинамического фактора, и вычисления производятся в предположении, что ветра нет и температура воздуха и газа одинакова и постоянна.

Вычислив высоту, на которую может подняться аэростат в зависимости от его веса, веса привязного троса, а также и метеорологических условий, которые будут учтены при определении

удельной подъемной силы газа, можно определить начальный объем аэростата (на земле), необходимый для данных условий.

Для этого сначала определяется прирост объема газа на найденной высоте по формуле:

$$\Delta v = \sqrt{1 + \frac{H}{4000}} - 1, \quad (23)$$

где Δv — прирост объема газа при подъеме на высоту.

Начальный объем аэростата определяется по формуле:

$$V_0 = \phi V (1 - \Delta v), \quad (24)$$

где V_0 — начальный объем, т. е. объем газа на земле.

Определив начальный объем, тем самым определим, какое должно быть недовыполнение аэростата, чтобы он мог подняться на максимальную высоту.

Приведем пример расчета потолка аэростата.

Возьмем объем аэростата $V = 700 \text{ м}^3$.

Примем вес аэростата со снаряжением $G = 400 \text{ кг}$.

Вес 1 пог. м троса, на котором поднимается аэростат, $g = 60 \text{ г} = 0,06 \text{ кг}$.

Удельная подъемная сила газа $\phi = 1,1 \text{ кг/м}^3$.

Определить высоту подъема этого аэростата.

Произведя необходимые математические выкладки из формулы (22), будем иметь:

$$Hg - 2\phi v + G = -\phi v \sqrt{1 + \frac{H}{4000}}.$$

Чтобы освободиться от радикала, возводим обе части равенства в квадрат:

$$(Hg - 2\phi v + G)^2 = (\phi v)^2 \left(1 + \frac{H}{4000}\right).$$

Подставив известные числовые величины и решив по известной формуле квадратное уравнение, получим высоту:

$$H = 2500 \text{ м}.$$

Прирост объема газа на этой высоте найдем из формулы:

$$\Delta v = \sqrt{1 + \frac{H}{4000}} - 1 = \sqrt{1 + \frac{2500}{4000}} - 1 = 0,27.$$

Определим начальный объем аэростата у земли:

$$v_0 = v \phi (1 - \Delta v) = 700 \cdot 1,1 (1 - 0,27) = 560 \text{ м}^3.$$

Таким образом, для возможности подъема на высоту 2500 м без потери газа аэростат ($V = 700 \text{ м}^3$) на земле должен быть недовыполнен на 140 м^3 .

Для большей точности расчет статического потолка нужно вести, пользуясь таблицей стандартной атмосферы (приложение 2).

1. Высота подъема аэростата определяется по таблице стандартной атмосферы из соотношения:

$$\frac{\phi_n}{\phi_0} = \frac{\rho_n}{\rho_0},$$

откуда

$$\phi_n = \phi_0 \frac{\rho_n}{\rho_0}, \quad (25)$$

где ϕ_0 — удельная подъемная сила газа, которым наполнен аэростат на уровне земли;

ϕ_n — то же на высоте H ;

ρ_0 — плотность воздуха на уровне земли;

ρ_n — то же на высоте H .

Полетный вес системы на зоне равновесия:

$$Q_n = V\phi_n = V\phi_0 \frac{\rho_n}{\rho_0}, \quad (26)$$

где V — объем аэростата.

Откуда

$$\phi_n = \frac{Q_n}{V}. \quad (27)$$

Так как Q_n и V всегда известны, то будет известно и их отношение, т. е. ϕ_n .

ϕ_0 всегда может быть определено; тогда, определив численное значение отношения

$$\frac{\phi_n}{\phi_0} = \frac{\rho_n}{\rho_0},$$

по таблице стандартной атмосферы находим высоту H . Все это верно при условии, если температура газа в аэростате такая же, как температура окружающего воздуха, т. е. перегрев не имеет места.

Определение высоты с учетом перегрева газа.

Удельная подъемная сила определяется по формуле:

$$\phi_0 = \gamma_v - \gamma_r.$$

Перегрев газа на 1° уменьшает γ на $\frac{1}{273}$ ее величины. Тогда

$$\phi_0' = \gamma_v - \gamma_r \left(1 - \frac{t}{273}\right),$$

где ϕ_0' — удельная подъемная сила газа с учетом перегрева.

Подставляя в формулу (25) вместо ϕ_0 величину ϕ_0' , получим высоту H с учетом перегрева.

Начиная с 11 000 м и выше, плотность воздуха меняется по формуле:

$$\rho_{n+11} = \rho_{11} \cdot e^{-\frac{H-11000}{6340}}.$$

Выражаем ее в десятичных логарифмах; тогда получим:

$$\lg \frac{\rho_n}{\rho_{11}} = -\frac{H-11000}{14600},$$

или

$$H = 11000 - 14600 \lg \frac{\rho_n}{\rho_{11}}. \quad (28)$$

Потолок аэростата в стратосфере определяется следующим образом. Зная Q_n и V , определим ϕ_n и отношение $\frac{\phi_n}{\phi_0} = \frac{\rho_n}{\rho_0}$; из таблицы стандартной атмосферы берем $\frac{\rho_{11}}{\rho_0} = 0,2967$ и находим отношение:

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} : \frac{\rho_{11}}{\rho_0} = \frac{\rho_n}{\rho_{11}} = \frac{\rho_n}{0,2967}.$$

Подставляя в формулу (28) вместо ρ_n ранее определенное отношение $\frac{\rho_n}{\rho_0}$ и произведя необходимые математические действия, получим статический потолок аэростата H .

Пример. Дано: объем аэростата $V = 60\,000 \text{ м}^3$; вес системы на потолке $Q_n = 3\,850 \text{ кг}$; удельная подъемная сила газа на земле при стандартных условиях $\phi_0 = 1,1 \text{ кг/м}^3$.

$$\phi_n = \frac{Q_n}{V} = \frac{3850}{60000} = 0,064,$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{\phi_n}{\phi_0} = \frac{0,064}{1,1} = 0,0582, \text{ а } \frac{\rho_n}{\rho_{11}} = \frac{0,0582}{0,2967} = 0,196.$$

Подставляя значение $\frac{\rho_n}{\rho_{11}}$ в формулу, получим:

$$H = 11000 - 14600 \lg \frac{\rho_n}{\rho_{11}} = 11000 - 14600 \cdot 1,2923 =$$

$$= 11000 + 14600 \cdot 0,7077 = 21\,300 \text{ м}.$$

Допустим, что температура газа в оболочке на 60° больше температуры наружного воздуха и

$$\phi_0 = \gamma_v - \gamma_r = 1,29 - \gamma_r = 1,1,$$

откуда

$$\gamma_r = \gamma_v - \phi_0 = 1,29 - 1,1 = 0,19 \text{ (без учета перегрева)}.$$

При перегреве на 60°С

$$\gamma_r' = \gamma_r - \frac{60}{273} \gamma_r = \gamma_r \left(1 - \frac{60}{273}\right) = 0,19 \cdot 0,78 \approx 0,15.$$

Тогда

$$\phi_0' = \gamma_v - \gamma_r = 1,29 - 0,15 = 1,14$$

и

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{\phi_n}{\phi_0} = \frac{0,064}{1,14} = 0,056$$

и

$$\frac{\rho_H}{\rho_{11}} = \frac{0,056}{0,2967} = 0,189; \lg 0,189 = \bar{1},277.$$

Тогда

$$H = 11000 - 14600 \cdot \bar{1},277 = 11000 + 14600 \cdot 0,723 = 21\,500 \text{ м.}$$

2. На миллиметровой бумаге строится простой график; на вертикальной оси откладывается высота в желаемом масштабе, а по горизонтальной: с одной стороны — вес троса, с другой — величина

$$\Phi \left(\frac{\rho_z}{\rho_0} \right) - G,$$

где Φ — полная подъемная сила аэростата;

$\frac{\rho_z}{\rho_0}$ — отношение плотностей воздуха на высоте и на земле;

G — вес аэростата со снаряжением и экипажем (если он есть).

Приведем примерный расчет для привязного аэростата объемом 700 м³.

Удельную подъемную силу газа, вес аэростата и троса оставим те же. Величину отношения $\frac{\rho_z}{\rho_0}$ берем через 500 м из таблицы международной стандартной атмосферы и для всех взятых высот подсчитываем величину, выражающуюся двучленом: $\Phi \left(\frac{\rho_z}{\rho_0} \right) - G$.

Высота H м	$\frac{\rho_z}{\rho_0}$	$\Phi = \phi v$ кг	$\Phi \left(\frac{\rho_z}{\rho_0} \right)$	$\Phi \left(\frac{\rho_z}{\rho_0} \right) - G$
1	2	3	4	5
0	1	770	770	370
500	0,9528		734	334
1 000	0,9074		699	299
1 500	0,8637		665	265
2 000	0,8216		633	233
2 500	0,7811		602	202
3 000	0,7420		572	172

Отложив на оси (рис. 133) величину, полученную в последней графе расчетной таблицы, построим кривую I.

Откладывая на этой же оси величину веса троса на соответствующих пересечениях с высотой, получим точки, соединение которых даст прямую линию II.

Точка пересечения прямой линии с кривой дает высоту подъема аэростата с данной нагрузкой.

В нашем случае получим высоту подъема взятого аэростата, равную 2900 м.

Существует очень простая эмпирическая формула, которую и приводим:

$$H = 10000 \frac{\Phi - G}{\Phi + 10000g}, \quad (29)$$

где значение букв то же самое, и по расчетам высота для принятого аэростата будет равна 2700 м.

Для привязного аэростата обрыв троса влечет за собой подъем его до зоны выполнения и затем до зоны равновесия.

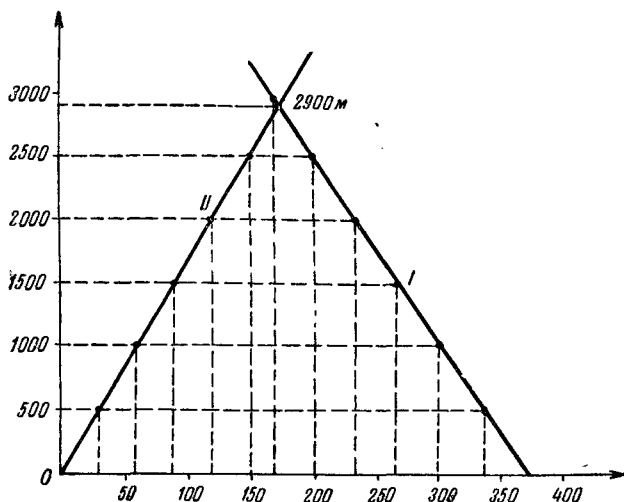


Рис. 133. График подсчета потолка аэростата.

Если же большое количество троса оборвалось и не было запаса сплавной силы, то и невыполненный аэростат не сможет подняться до зоны выполнения, а уравновесится на какой-то высоте в свободном полете.

Невыполненность и связанная с ней неустойчивость, являющаяся недостатком при пилотировании свободных аэростатов, в применении к воздухоплавательным аппаратам, имеющим моторы (дирижабли, моторизованные аэростаты), и привязным аэростатам (с баллоном или растягивающейся системой) весьма желательны. Они дают возможность во всем слое до высоты зоны выполнения, без расхода газа и балласта, посредством одних динамических средств (рули), производить маневры корабля. В баллонетных аэростатах или дирижаблях при снижении требуется держать баллонеты в выполненном состоянии, что создает сверхдавление в оболочке и обеспечивает сохранение ее формы.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
11	Формула (7)	$\left(\frac{15 - t_1}{268 + t_2} \right)$	$\left(\frac{15 - t_1}{268 + t_1} \right)$	корректора
78	1 сверху	по 500 л. с.	500 л. с.	редакторов
116	6 снизу	На рис. 71	На рис. 19	авторов
160	Рис. 108, подп. под рисунком	„SL“ (верхний) „LZ“ (нижний)	„SL“ (нижний) „LZ“ (верхний)	авторов и редакторов
196	Рис. 141 подп. под рисунком	Французская лебедка типа 1932 г.	Лебедка для метеорологических целей	авторов и редакторов
197	Рис. 142, подп. под рисунком	Лебедка для метеорологических целей	Французская лебедка типа 1932 г.	авторов и редакторов
197	12 снизу	100 кг	1 000 кг	корректора
204	19 сверху	воронки	воротники	корректора
276	21 „	70—80%	7—8%	авторов
349	26 „	20%	200%	корректора
374	13 снизу (формула)	$Z = \frac{K(100 + S)S}{T} \quad K = 0,98$	$Z = \frac{K(100 + S)S}{T},$ где $K = 0,98.$	авторов

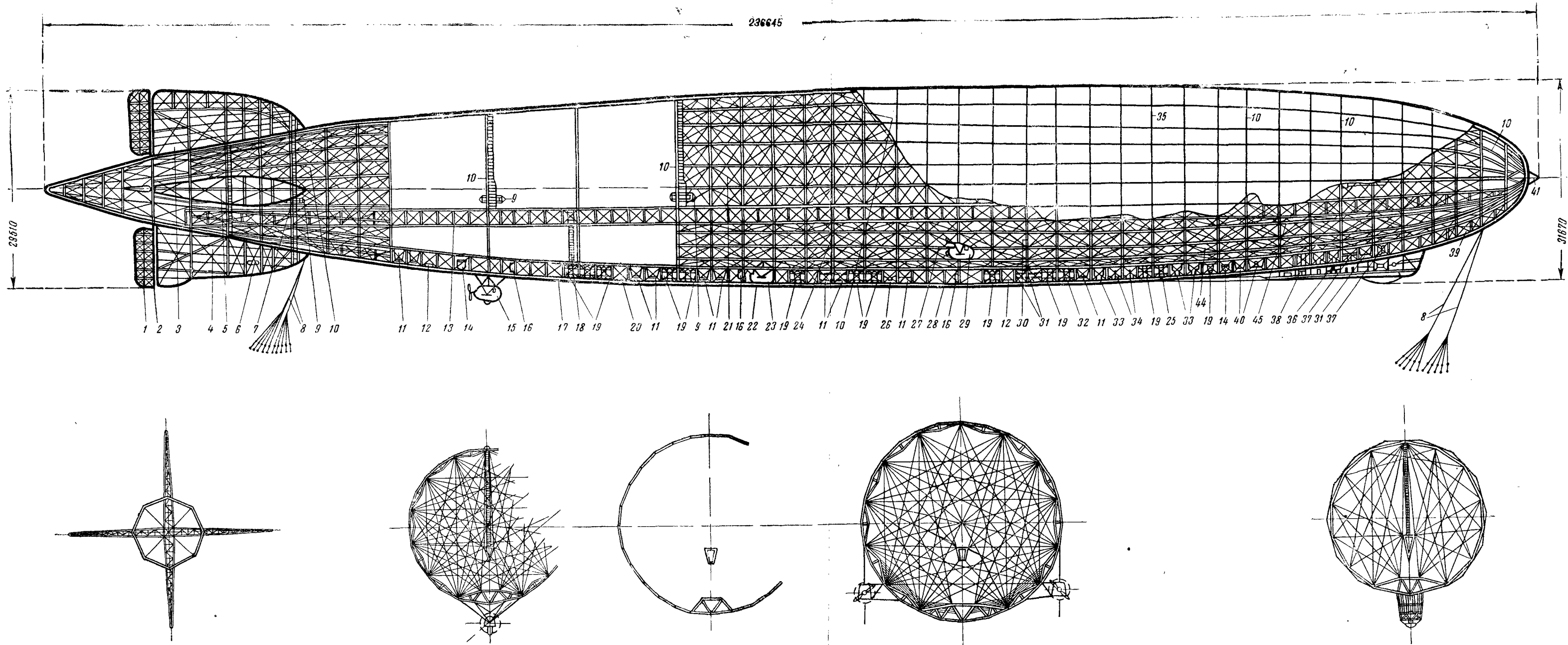


Рис. 109. Схема устройства жесткого дирижабля „LZ-127* («Граф Цеппелин»):

1—руль направления, 2—руль высоты, 3—верхний стабилизатор, 4—нижний стабилизатор, 5—горизонтальный стабилизатор, 6—запасное управление рулями, 7—кресты кормового усиления, 8—гайдрол, 9—газовый клапан, 10—газовая шахта, 11—спальные места команды, 12—люк для погрузки багажа, 13—служебный верхний коридор, 14—балластные мешки, 15—задняя моторная гондola, 16—бензобаки, 17—уборная, 18—лестница в служебный коридор, 19—бензиновые баки, 20—килевой коридор, 21—оболочка, 22—проход в боковые моторные гондолы, 23—средняя боковая моторная гондola, 24—промежуточный шпангоут, 25—баки питьевой воды,

26—помещение для команды, 27—стрингер, 28—проход в передние моторные гондолы, 29—передние моторные гондолы, 30—главный шпангоут, 31—помещение для команды, 32—бензиновые баки, 33—спальные места для экипажа, 34—помещение для команды, 35—вентиляционная шахта, 36—помещение для комсостава, 37—баки питьевой воды, 38—пассажирская гондola, 39—трап для прохода с носа в килевой коридор, 40—багажное помещение, 41—причальный конус, 42—балластные штаны, 43—поперечные расчалки, 44—диагональные расчалки, 45—баллонная проволока.

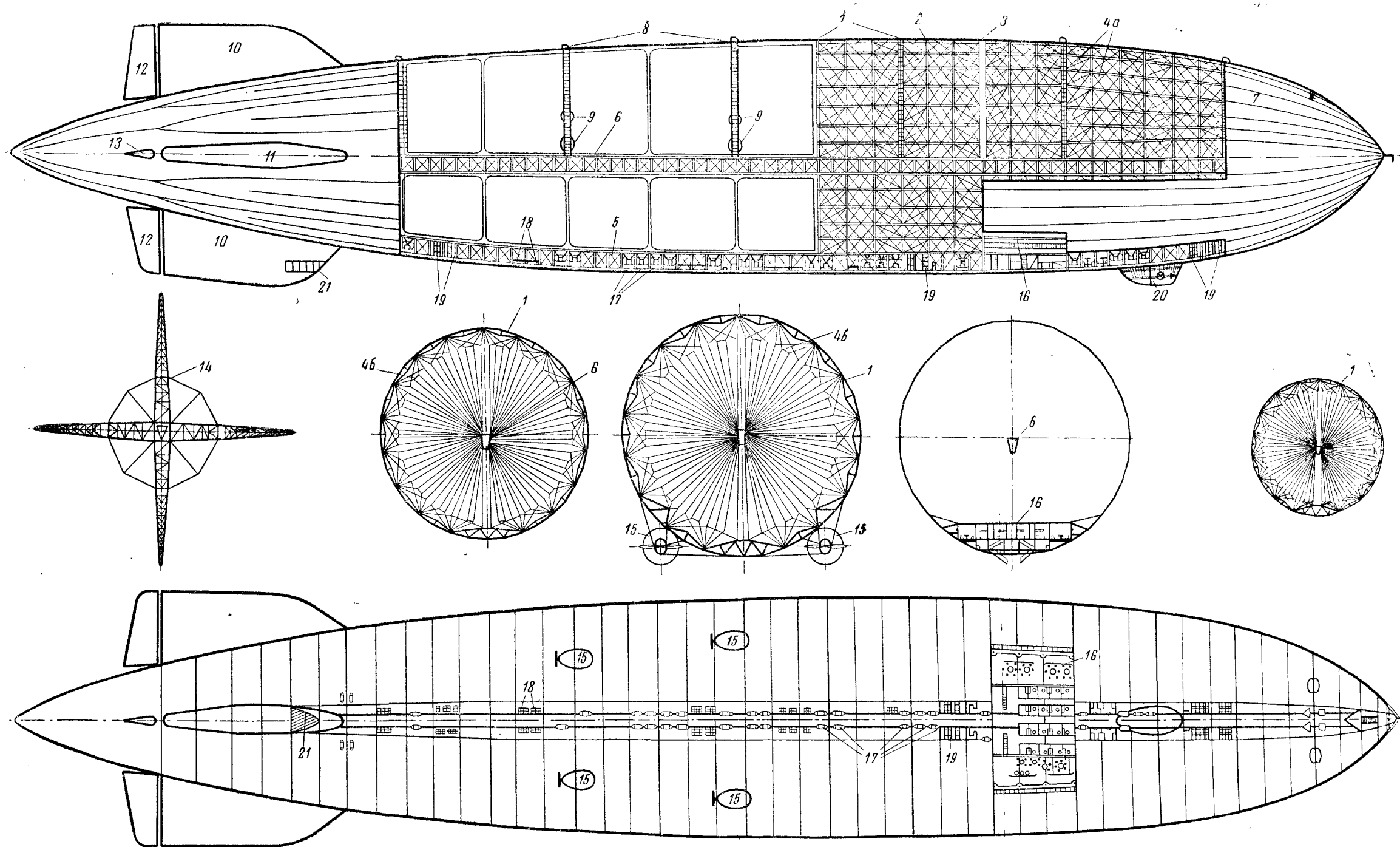


Рис. 119. Схема устройства жесткого дирижабля „LZ-129“:

1 — главные шпангоуты, 2 — промежуточные шпангоуты, 3 — стрингера, 4a — расчалка панелей, 4b — диагональная расчалка, 5 — железный коридор, 6 — верхний коридор, 7 — наружная оболочка, 8 — газовые шахты, 9 — газовые клапаны, 10 — верхний и нижний стабилизаторы, 11 — боковой

стабилизатор, 12 — рули направления, 13 — рули высоты, 14 — крестовый кормовой шпангоут, 15 — моторные gondолы, 16 — пассажирские палубы, 17 — бензобаки, 18 — грузовые площадки, 19 — помещения команды, 20 — главная гондола управления, 21 — запасная гондола управления.

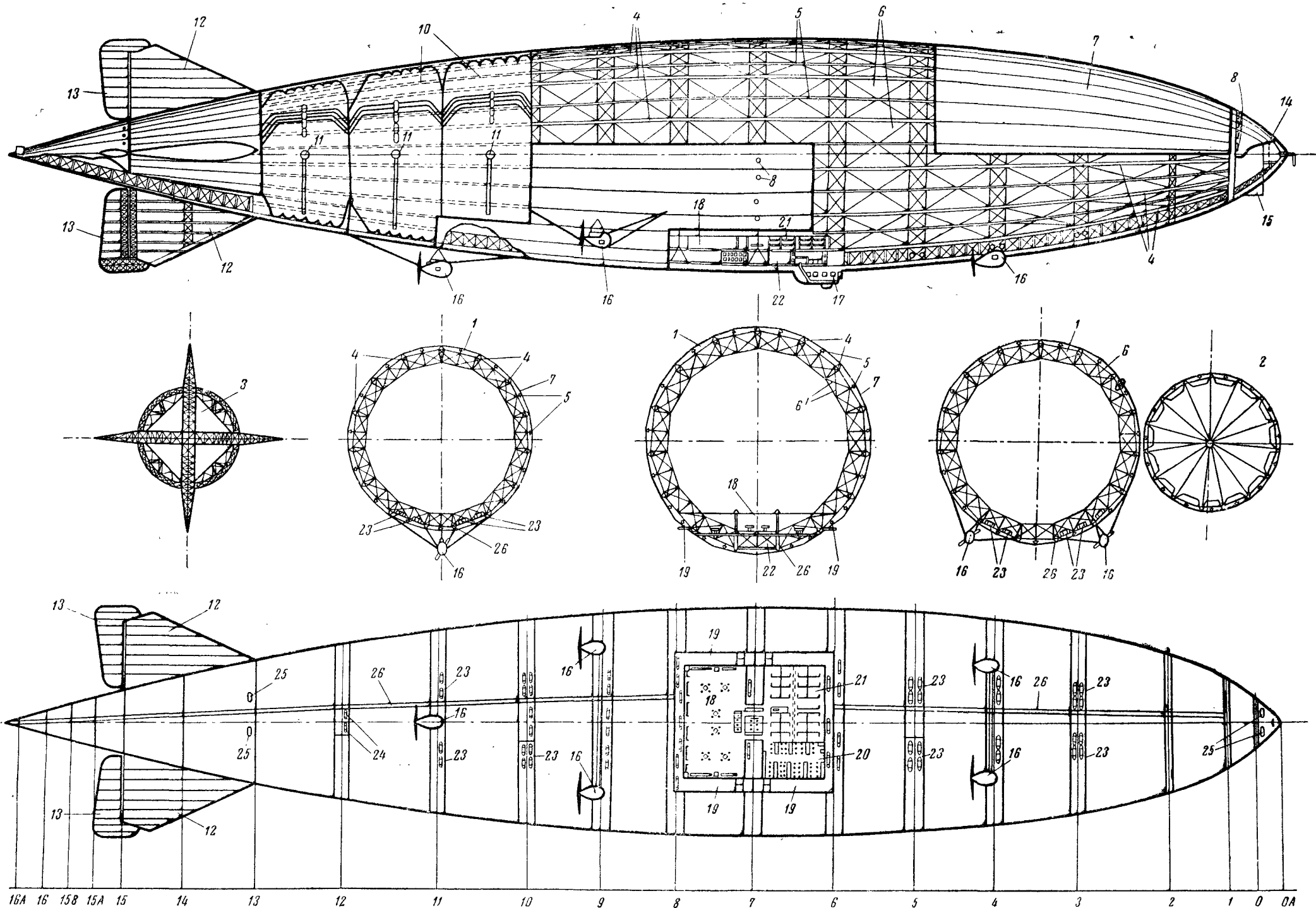


Рис. 120. Схема устройства жесткого корабля „R-101“:

1—типовые главные шпангоуты корпуса, 2—носовой шпангоут, 3—кормовой шпангоут, 4—главные стрингеры, 5—промежуточные стрингеры, 6—диагональные расчалки, 7—наружная обшивка, 8—вентиляционные отверстия в оболочке, 9 и 10—газовые баллоны, 11—газовые клапаны

12—стабилизаторы, 13—рули, 14—носовые причальные устройства, 15—выход на мачту, 16—моторные гондолы, 17—гондола управления, 18—кают-компания, 19—боковые галереи, 20—стояловая, 21—пассажирские каюты, 22—помещение для команды.

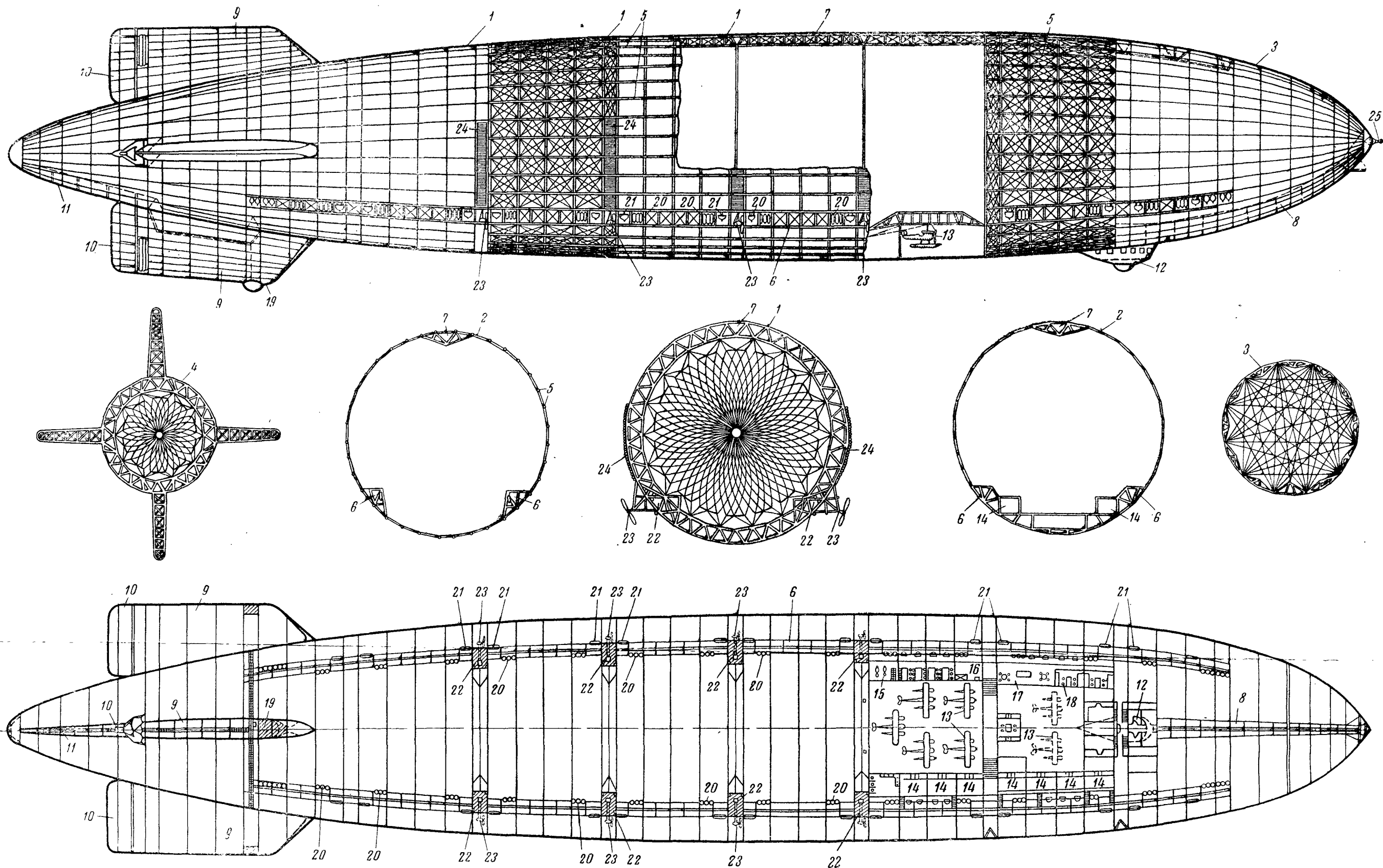


Рис. 121. Схема устройства жесткого дирижабля „ZRS-4“ („Акрон“):

1 — главные пространственные шпангоуты, 2 — плоские промежуточные шпангоуты, 3 — плоский главный шпангоут, 4 — главный кормовой шпангоут, несущий оперение, 5 — стрингеры, 6 — боковые коридоры, образующие пространственные стрингеры, 7 — верхний коридор стрингера, 8 — средний коридор от рубки управления до носа, 9 — стабилизаторы, 10 — рули направления и высоты, 11 — коридор в кормовую орудийную башню, 12 — гондола управления, 13 — ангар для самолетов.

14 — помещения для команды, 15 — бортовая электростанция, 16 — кухня, 17 — кают-компания командного состава, 18 — каюта командного состава, 19 — запасная рубка управления, 20 — бензобаки, 21 — балластные мешки, 22 — моторные кабели, 23 — винты на консолях, 24 — конденсационные радиаторы, 25 — причальное устройство.

МАТЕРИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Лебедки. В большинстве стран до войны 1914—1918 гг. для аэростатов наблюдения применялись лебедки на конной тяге весьма примитивной конструкции. Легко себе представить трудность выбирания аэростата на такую лебедку при значительных натяжениях в тросе. Выбирание производилось вручную, на что требовалось, кроме затраты больших усилий, много времени (рис. 134).

Некоторые детали такой лебедки остались на лебедках более поздней конструкции, а именно: ленточный тормоз и распределительный механизм для укладки троса.

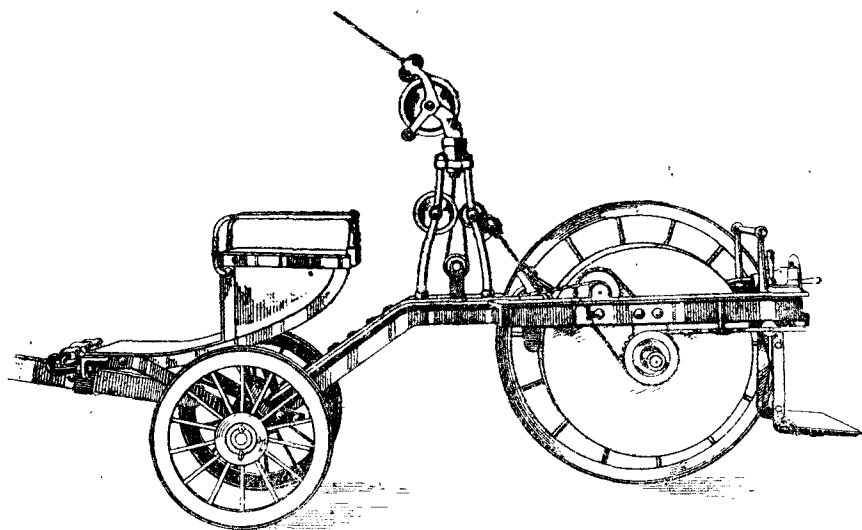


Рис. 134. Конная лебедка.

При сдаче аэростата на такой лебедке ее нужно было загружать балластом.

В дальнейшем появились лебедки с паровой машиной, развивающей мощность до 8 л. с., способные выбирать аэростат со скоростью 1—1,5 м/сек.

Перед войной 1914—1918 гг. в большинстве стран появилась конструкция конно-моторной лебедки. Перевозка лебедки осуществлялась конной тягой, и мотор мощностью до 20—25 л. с. служил только для выбирания троса. Из рис. 135 видно, что конно-моторная лебедка стала значительно сложнее в сравнении с конной лебедкой. В первый же год мировой войны 1914—1918 гг., когда выявились отрицательные качества конно-моторной лебедки в отношении ее проходимости и маневренности, лебедочный механизм стали устанавливать на шасси автомобилей с переключе-

чением при этом мощности мотора на создание движения лебедки или на вращение барабана с тросом.

В 1915 г. в России появилось одновременно два типа лебедок. Одна из них была установлена на шасси легкового автомобиля;

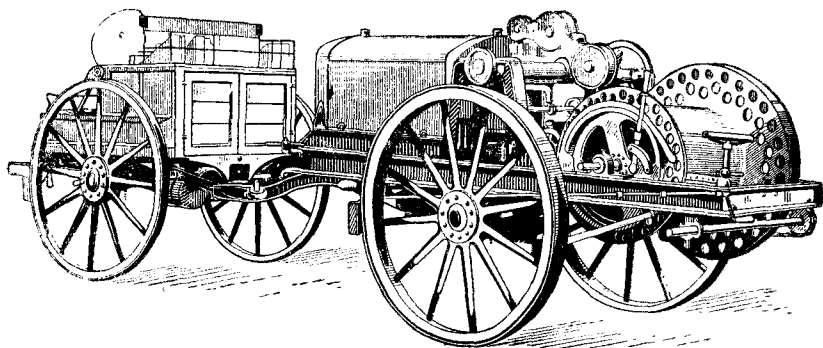


Рис. 135. Конно-моторная лебедка.

она была весьма легкой, что было ее отрицательным свойством (рис. 136); другая — на шасси полуторатного автомобиля. Последняя, лебедка «Адсудза» (рис. 137), с мотором мощностью 30 л. с. была выпущена в нескольких сериях. Эти лебедки работали до конца мировой войны 1914—1918 гг. Их маневрен-

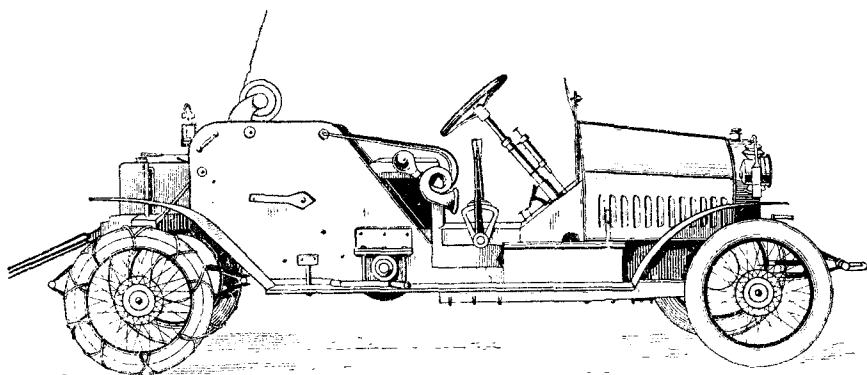


Рис. 136. Автолебедка „Стелла“ 1915 г. (Россия).

ность была несравненно большей, чем у конно-моторной лебедки. Лебедка «Адсудза» развивала скорость до 60 км/час, а при скорости до 25 км/час могла одновременно при движении производить выбирание аэростата.

Во Франции в последние годы войны 1914—1918 гг. появились автомобильные лебедки с двумя моторами: один — для передвижения и второй — для вращения лебедки.

Приводим лебедку (рис. 138), установленную на шасси полоторатонного автомобиля на трех осях, что повышало ее проходимость.

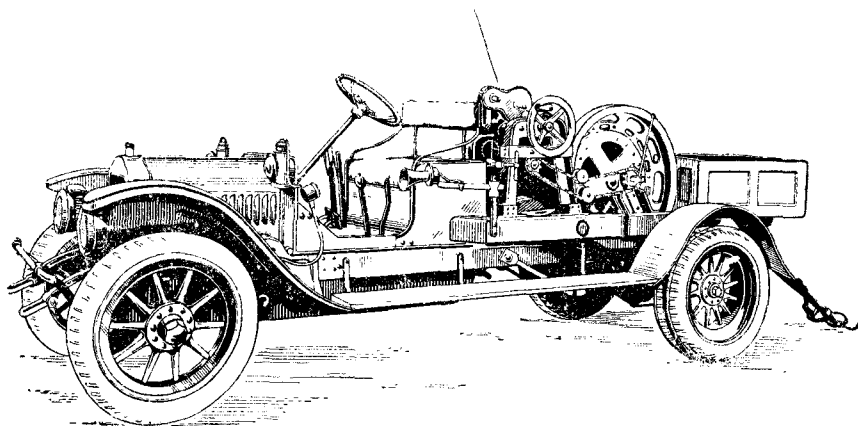


Рис. 137. Автолебедка „Адсудза“ 1915 г. (Россия).

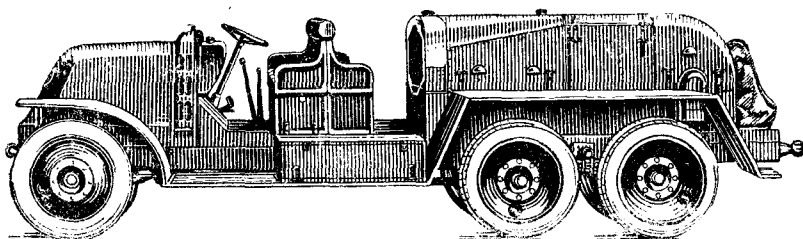


Рис. 138. Французская лебедка „Рено“ для аэростатов наблюдения.

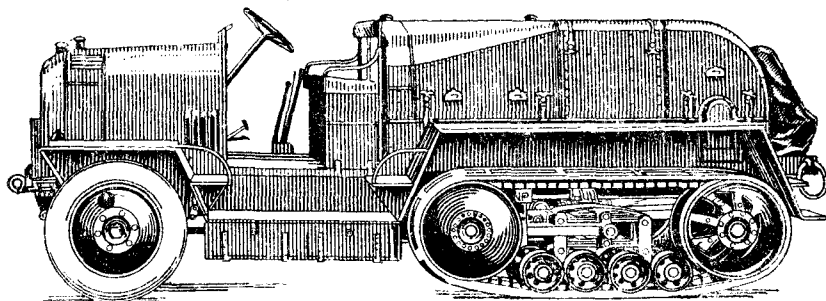


Рис. 139. Лебедка „Рено“ на гусеницах.

Там же была выпущена лебедка с мотором мощностью порядка 30 л. с.

Эта лебедка отличалась тем, что две ее задние оси были установлены на гусеничный ход (рис 139). Таким образом, видно, что усовершенствование лебедок шло довольно быстро.

Практика показала, что лебедки малого веса обладают хорошей проходимостью, но недостаточной мощностью моторов и малоустойчивы при сильных натяжениях троса.

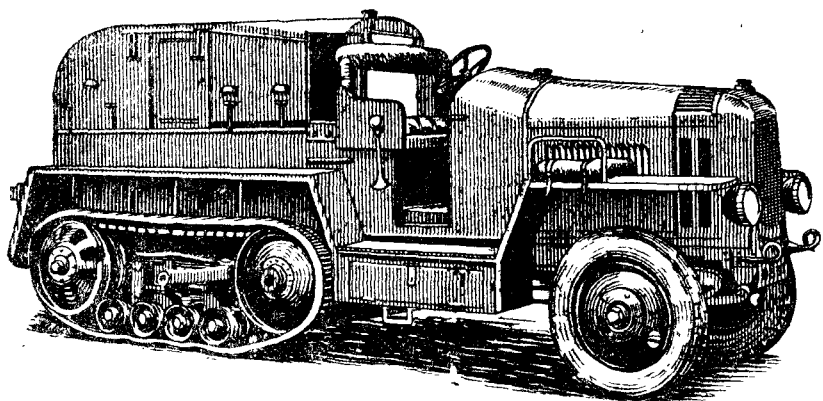


Рис. 140. Лебедка „Ситроен“ (1917 г.).

Французская фирма «Ситроен» после 1917 г. стала выпускать лебедки с мощностью мотора до 90 л. с. и весом более 5 000 кг (рис. 140).

Такая лебедка могла выбирать трос при натяжении его до 2 600 кг. Скорость выбирания доходила до 5—6 м/сек. Фирма «Ситроен» выпускала автолебедки как на трехосном нормальном ходу, так и с гусеницами.

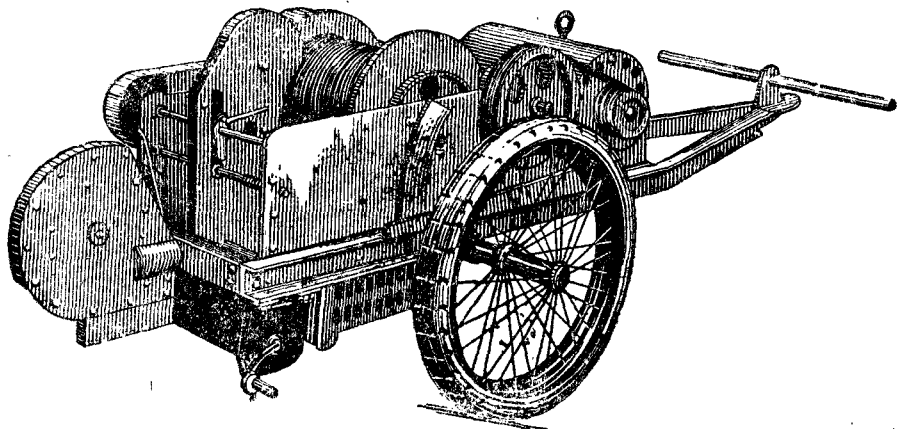


Рис. 141. Французская лебедка типа 1932 г.

В 1932 г. во Франции для аэростатов наблюдения была выпущена большая лебедка с тягачом и специальным устройством на колесах для повышения проходимости. Она могла увезти до десяти человек команды, и скорость выбирания доходила до 10 м/сек (рис. 141).

В 1933 г. во Франции были выпущены лебедки для аэростатов заграждения. Такая лебедка может передвигаться только на прицепе, мотор в 10 л. с. предназначен для вращения барабана. Наибольшая тяга лебедки на барабане не превышает 500 кг, скорость выбирания 2—3 м/сек. Троса диаметром 4 мм наматывается на барабан до 6 000 м.

Тогда же появились лебедки для подъема аэростатов малых объемов и воздушных змеев для метеорологических целей; подъем их осуществлялся на проволоке диаметром 0,8—1,0 мм, которой наматывалось на барабан до 15 000 м (рис. 142). Лебедка — электрическая, рассчитана на нагрузку от тяги проволоки в 100 кг при скорости выбирания 4 м/сек.

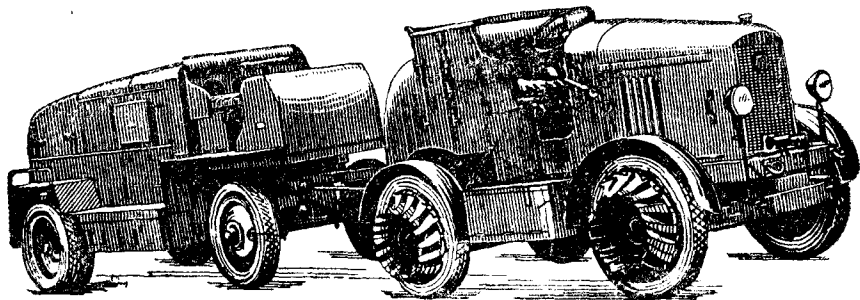


Рис. 142. Лебедка для метеорологических целей.

В США на вооружении находятся лебедки «Рено» и «Ситроен» со средней скоростью выбирания 5 м/сек.

В последние годы в США была сконструирована быстроходная лебедка с мотором в 150 л. с. с гидравлической передачей, которая позволяет, не останавливая мотора, т. е. без установки рычага управления в нейтральное положение, плавно переключать скорости вращения барабана от 0 до 8 м/сек. Практика эксплуатации лебедки показала, что натяжение в тросе не возрастает более 100 кг при скорости ветра до 9 м/сек.

Полевые газовые заводы развивались вместе с развитием воздухоплавания.

Первоначально полевые газовые заводы передвигались исключительно конной тягой, производительность их была чрезвычайно низкой.

Кроме завода, необходимо было возить значительное количество химических материалов.

Для силиколевого¹ завода фирмы Шукерта перед войной требовалось еще до 16—18 специальных двуколок, не считая транспорта, нужного для перевозки химатов, которых требовалось значительное количество. Например, для добычи 1 000 м³

¹ Ферросилиций (сплав силиция с железом), применяемый в воздухоплавании, называется силиколем.

водорода требовалось 3312 кг химатов. Производительность этого завода была около 110 м³ в час.

При установке газового завода на автомобиль с прицепом, с использованием мощности мотора автомобиля для работы агрегатов завода, производительность газового завода удалось повысить до 300 м³ в час.

Этот завод также требовал большого количества силиколя и едкого натра (2000 кг на 1000 м³ водорода).

После отработки одной зарядки (300—400 м³) завод останавливался, чтобы произвести следующую зарядку. Для работы завода необходимо значительное количество воды для охлаждения газа, который проходит через холодильники.

Едкий натр обладает разъедающими свойствами, поэтому работающих на газовом заводе людей необходимо обеспечить резиновыми сапогами, перчатками и брезентовыми костюмами с фартуками. Для предохранения глаз следует надевать специальные очки.

В 1930 г. во Франции были построены уже более компактные газовые заводы в виде одной повозки, прицепляемой к тягачу (рис. 143).

В США построили более усовершенствованные заводы, в которых загрузка химатов и заливка воды производятся непрерывно, без остановок завода. Кроме того, недостаток воды не является препятствием для его работы. Воздушный радиатор охлаждает газ, что позволяет производить газодобычу с ограниченным количеством воды.

В США каждый газовый завод имеет подвижную компрессорную установку производительностью 140 м³ в час. В больших воздухоплавательных парках американской армии, кроме газовых заводов на шасси, имеются мощные силиколевые заводы на железнодорожных платформах с установленными компрессорами.

Новые конструкции — силиколево-водородные установки Жюбера — дают водород из тех же химатов, что и прежние водородные установки, но под давлением 150—200 атм.

Преимущество такого аппарата заключается в том, что, кроме удешевления газа в 2,5—3 раза, водород получается прямо в металлических баллонах, которые можно перевезти к месту наполнения.

Производительность установки, производящей водород под давлением, — 200 м³/час. Во Франции строятся водородные установки такого же типа производительностью 500—1000 м³ газа в час.

Хранение газа. Для хранения и перевозки газа применяют металлические баллоны и газгольдеры различной емкости. Газгольдеры могут быть стационарные с постоянным и переменным объемом, переносные с постоянным объемом, мокрые и сухие.

Мокрый газгольдер представляет собой колокол, расположенный внутри бассейна с водой. От наличия воды и произошло

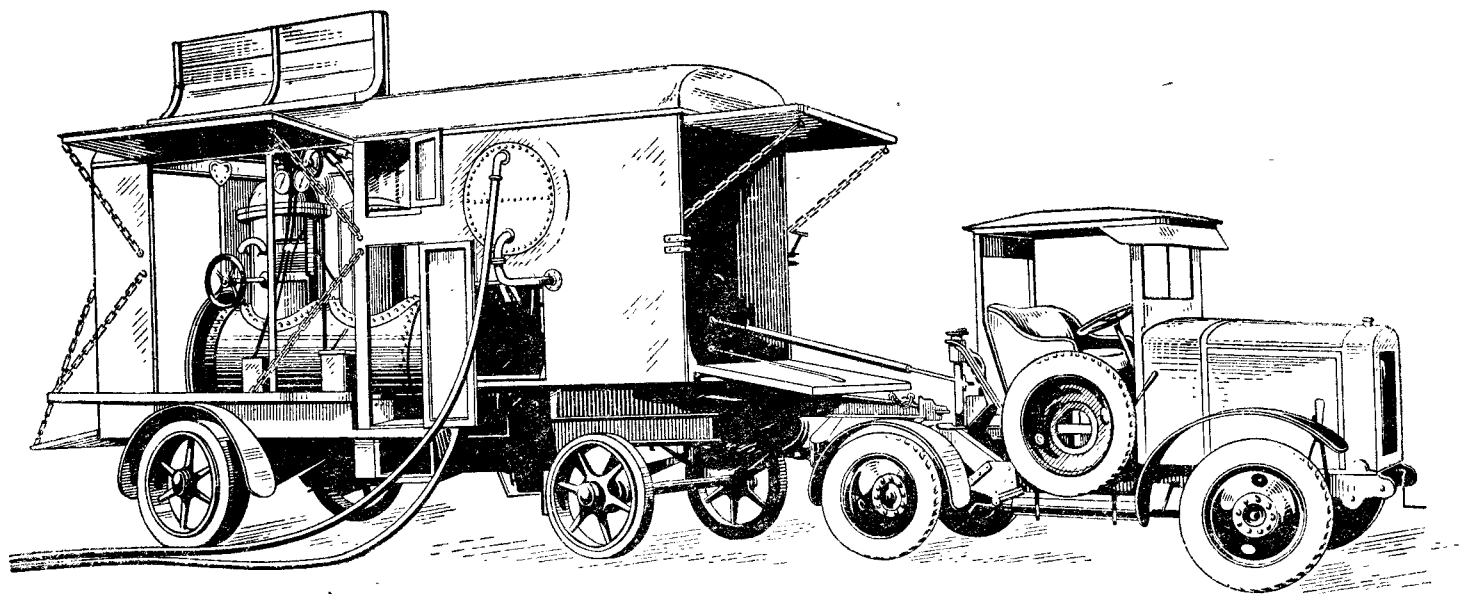


Рис. 143. Французский газовый завод (1930 г.).

название мокрый. Через воду проходят трубы, по которым идет газ. Накопляющийся под колоколом газ вызывает подъем колокола, который при расходе газа опускается.

Такие газгольдеры могут быть различной конструкции и объема.

Наибольший мокрый газгольдер на 424 800 м³ газа находится в Нью-Йорке.

Отливание газа из такого газгольдера весьма просто, так как газ в нем находится под давлением; величина давления зависит от размеров и, следовательно, от веса металлического колокола, давящего на газ, а при недостатке давления его всегда можно повысить загрузкой колокола. Неудобство применения таких газгольдеров состоит в том, что для воды необходимо иметь бассейны значительных размеров.

По такому же принципу, только без воды, устраиваются сухие газгольдеры переменного объема, различной емкости. Наибольший из таких газгольдеров имеет объем 566 000 м³ (в Чикаго). По сравнению с мокрыми газгольдерами сухие имеют более преимуществ: газ не насыщен водяными парами, упрощена эксплуатация.

Газгольдеры постоянного объема имеют неизменную емкость и, в зависимости от наполнения, меньшее или большее давление.

Наилучшая форма этих газгольдеров — шар или цилиндр с полушаровыми концами; она обеспечивает наивыгоднейшие напряжения в материале при наименьшем его расходе, а следовательно, и наименьшем весе.

Металлические газгольдеры постоянного объема сохраняют газ при низком и высоком давлении. Газгольдеры больших объемов, порядка 4 000 м³, могут сохранять газ под низким давлением.

Рабочее давление в таких газгольдерах — около 4 атм. Другие металлические газгольдеры постоянного объема хранят газ при высоком давлении, их чаще называют баллонами. Они изготавливаются из высококачественных сталей и могут также быть различных форм и размеров. Газ в таких баллонах содержится под давлением 50—175 атм. В США и Германии имеются подземные газовые хранилища, где находится значительное количество баллонов (газгольдеров) с водяной емкостью¹ от 6,4 до 11,3 м³, производительностью от 300 до 1 960 м³.

Примерный вид такого хранилища показан на рис. 144. Стальные баллоны, приспособленные и для хранения и для перевозки, имеют значительно меньшие размеры и различную форму. Баллоны цилиндрической формы с закругленными концами применяются в большинстве стран.

В Италии и Германии наряду с баллонами производитель-

¹ Водяной емкостью баллона называется внутренний объем, выраженный в л или м³ при заполнении его водой. Количество газа, выходящего из открытого баллона в атмосферу, называется производительностью, измеряемой в м³.

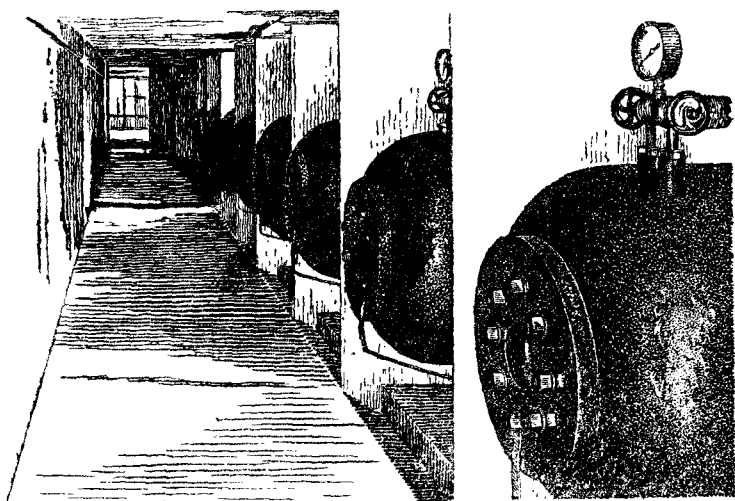


Рис. 144. Газовое хранилище.

ностью 5—6 м³ применялись баллоны производительностью до 10 м³ газа.

В СССР для хранения и перевозки водорода и гелия приняты стандартные баллоны с водяным объемом 40 л, с газом под давлением 150—175 атм. Производительность такого баллона — 5—6 м³ газа. Вес баллона — около 65 кг. Баллоны изготавливаются цельнотянутыми, без швов и без вставных донышек.

Размеры баллона даны на рис. 145. Толщина стенок равна 8 мм. Баллон имеет предохранительный колпак, навинчивающийся на шейку баллона и предохраняющий вентиль от поломки; кроме того, имеется штуцер с левой резьбой для навинчивания шланга или манометра. Окраска баллона для водорода — темнозеленая с двумя красными полосами поперек. На баллон надевают два веревочных или резиновых кольца, предохраняющих от ударов при складывании, перевозках и т. п. Окраска баллонов для гелия коричневая, часто бывает и белая, как например в США, где для хранения и транспортировки гелия применяют шаровые баллоны. Транспортировка газа производится в особых баллонах на железнодорожных платформах и специальных автомобилях. Нормальные баллоны, принятые в СССР, транспортируются на автомашинах или в закрытых товарных вагонах.

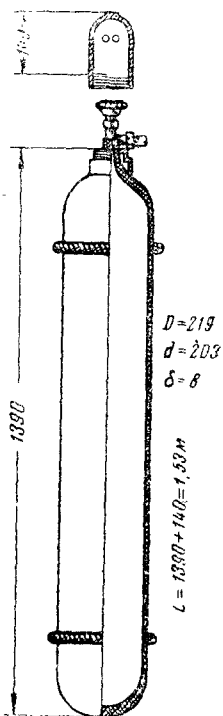


Рис. 145. Баллон для газа.

газгольдеры объемом 450 и 425 м³. В СССР принят газгольдер объемом 125 м³. Размеры газгольдера в 125 м³ даны на рис. 146.

Конструкция таких газгольдеров может быть различна. На рис. 147 показан мерный газгольдер объемом 30 м³.

газ через 2—3 газгольдера. Это нужно при газодобытии полевым заводом для того, чтобы газ остыл и освободился от водяных паров, не успевших сконденсироваться в холодильниках завода.

¹ Бивачные веревки с петлями, или же в петлю шайб продевается поясная веревка.

нения аэростата из баллонов со сжатым газом необходимо иметь коллектор и гибкие шланги, соединяющие баллон с коллектором.

Полевой коллектор служит для того, чтобы принимать газ из баллонов и понижать его давление; к коллектору присоединяется одновременно целая серия баллонов, что сокращает время работы при газонаполнении. Коллектор представляет собой сбор-

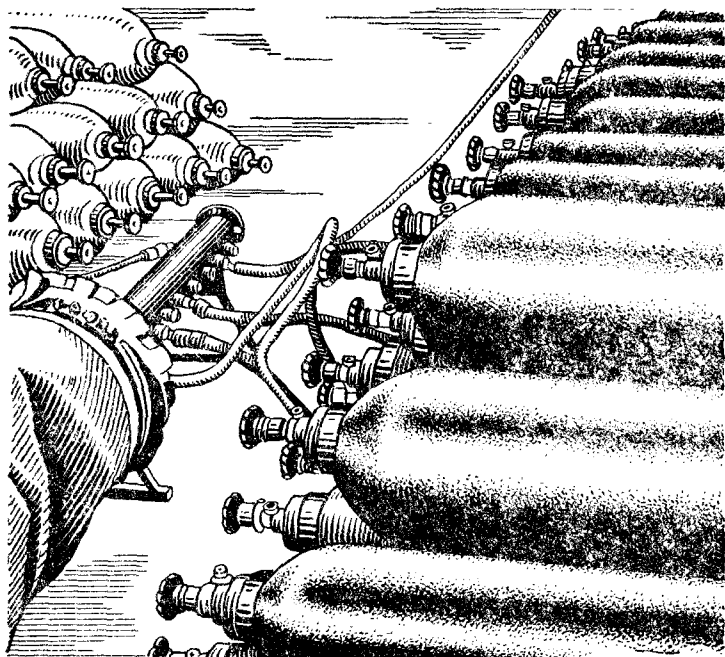


Рис. 148. Выпуск газа из баллонов через коллектор.

ную металлическую трубу, способ соединения которой с баллонами виден на рис. 148.

Один конец коллектора глухой, на нем есть краник для продувания коллектора газом, другой имеет раструб, к которому присоединяется матерчатый шланг, соединяющийся с аэростатом или газгольдером. Баллоны со сжатым газом присоединяются к коллектору через гибкие шланги. Сборная труба устанавливается на складном металлическом штативе. Весь коллектор с запасными частями весит около 30 кг.

Во время наполнения можно, не дожидаясь выхода газа из всех присоединенных баллонов, заменить часть пустых баллонов новыми.

Гибкие шланги представляют собой резиновые трубки, забронированные несколькими слоями оплетки из медной или стальной проволоки. Такой шланг весьма эластичен.

Гибкие шланги привинчиваются к сборной трубе гайками с правой резьбой, к баллонам — с левой резьбой. В гайки для газонепроницаемости вкладывают фибровые прокладки в виде шайб. Гайки на обоих концах гибкого шланга прижимные, т. е. не соединенные жестко со шлангом. Приспособление в виде струбцины ускоряет присоединение шланга к баллону, так как исключает применение гаечного ключа.

Для подачи газа от коллектора (воздуха от вентилятора) или от газгольдера к оболочке аэростата и наоборот применяется матерчатый шланг.

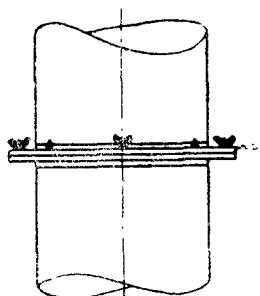
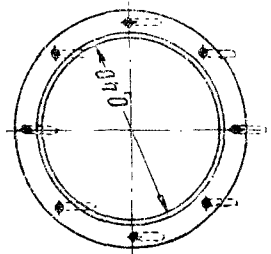


Рис. 149. Соединительная шайба.

Этот шланг представляет собой цилиндр длиной 10 м с диаметром 0,40 м, сшитый из трехслойной прорезиненной материи. Диаметр его стандартный, так же как и диаметр аппендиксов оболочек всевозможных аэростатов, исключая сферических, где диаметр аппендикса берется из специального расчета.

На концах шлангов имеются воронки с дополнительной подклейкой материи. В воротниках по периметру на определенных расстояниях пробиты отверстия, которые, при необходимости иметь большую длину газопровода из шлангов, надеваются на болты шайбы (рис. 149) и зажимаются барашками. Соединительная шайба состоит из двух деревянных плоских колец (склеенных в несколько слоев), на одном из которых укреплены болты, а на другом просверлены, в соответствии с расположением болтов, отверстия.

Для соединения концы обоих шлангов просовываются в кольца и на болты надеваются отверстия на воротниках. При наличии на аппендиксе аэростата воротника с отверстиями, соединительные шайбы применяются также и для соединения аппендикса со шлангом. Внутренний диаметр шайбы такой же, как и шланга, т. е. 0,40 м. Шланги соединяются с аппендиксами оболочек соединительным кольцом или фанерным цилиндрическим патрубком. Длина патрубка — 0,40 м, наружный диаметр — около 0,35 м.

Брезенты, балластные мешки, штопоры, кольца и т. п. Все работы с оболочками аэростатов или газгольдерами должны, как правило, производиться на брезентах. Брезенты изготавливаются двух размеров: 7 × 7 м или длиной 16 м и шириной 3,5 м.

Для соединения брезентов между собой на наземной стороне брезента на некотором расстоянии от края нашиты кольца. Соединение брезентов происходит последовательным связыванием их друг с другом.

Балластные мешки с песком предназначены для за-

грузки оболочек, наполненных газом. Балластные мешки подвешиваются на оснастке оболочек или на бивачных веревках с петлями.

Балластный мешок вместимостью от 16 до 20 кг делается из простой грубой материи с верхним усиленным пояском, в котором для крепления уздечки с крючком сделаны четыре ошпагованные дыры. При воздухоплавании применяются специальные поясные веревки различной длины, в зависимости от размеров аэростата, с костыльками на одном конце или без них. Для крепления аэростата на биваке изготавливаются специальные бивачные колья и штопоры (рис. 150). Для надежности закрепления при каждой бивачной оттяжке аэростата забивают по два кола.

Вентилятор служит для наполнения оболочек аэростата воздухом при осмотрах или для просушки и продувки их. Не останавливаясь на разнообразнейших конструкциях ручных, моторных и электрических вентиляторов, приведем данные лишь по одному вентилятору с небольшим мотором. Вес его около 60 кг, и на небольшое расстояние его могут перенести 2 человека.



Рис. 150. Штопор.

Запуск мотора производится вручную, при помощи ремня, оборачиваемого вокруг небольшого шкива. Изменение скорости вращения происходит увеличением или уменьшением подачи газа в цилиндр мотора. Соединение мотора с вентилятором производится посредством пластинчатого вала, который легко можно снять.

Вентилятор легко можно превратить в ручной. Шланг присоединяется к раструбу вентилятора посредством металлической ленты с натяжным замком. При герметичности корпуса вентилятора и жесткости шланга им можно перекачивать газ из одной оболочки в другую, для чего шланг от освобождаемой от газа оболочки присоединяется к всасывающему приемнику вентилятора (сбоку), а шланг от наполняемой оболочки — к раструбу (фасад).

При вращении мотором производительность вентилятора достигает 60 м³ воздуха, вручную же — 50 м³ в минуту. Давление, создаваемое вентилятором при вращении его мотором, доходит до 150 мм вод. ст., а вручную — до 70 мм.

К наземному оборудованию относятся и ручные тензиометры, служащие для замера натяжения в тросе.

Тензиометры. Различные конструкции тензиометров основаны на принципе перегиба натянутого троса, при этом чем сильнее натянут трос, тем труднее его перегнуть, и следовательно, шкала тензиометра будет указывать большее натяжение. Каждое

деление шкалы тензиометра соответствует определенному натяжению, величина которого дана в тарифовочной таблице.

Французские тензиометры различной конструкции основаны на том же принципе. Один из них, «Lenoir», с возможным диапазоном измеряемых натяжений от 60 до 1 200 кг, предназначен для измерений натяжения в проволоках и тросах диаметром до 4 мм (рис. 151). Измерение происходит весьма просто. На натянутый трос ставят два крайних ролика. На средний ролик трос должен лечь сверху. Натягивая ось среднего ролика, проходящую в вертикальной стойке, вверх до ограничителя, отсчитывают натяжение троса. Возможный диапазон измеряемых натяже-

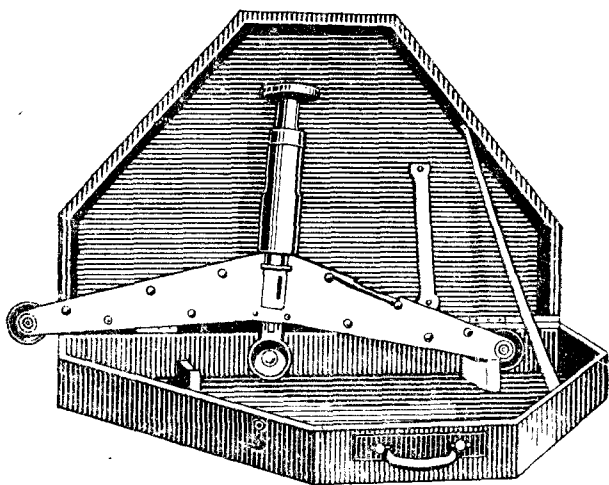


Рис. 151. Тензиометр „Lenoir“.

ний тензиометром «СТАЕ» — от 200 до 2 000 кг в тросах различных диаметров. Способ измерения натяжения показан на рис. 152.

Подтягивание троса средним роликом производится посредством легкого поворота круглой рукоятки. В зависимости от силы подтягивания стрелка на шкале показывает натяжение в тросе. Упрощенный тензиометр рычажного типа, применяемый для измерения натяжений в тросах различных диаметров, весьма прост в обращении (представлен на рис. 153).

Две согнутые пластины, жестко укрепленные на корпусе тензиометра, захватывают параллельный участок троса и слегка к нему прижимаются. Длинный рычаг, соединенный с корпусом тензиометра шарниром и связанный с пружиной, тоже прижимается к тросу. Последний проходит между двумя вилкообразно расположенными около рукоятки тензиометра пластинками.

В зависимости от усилия на перегибание троса, на которое реагирует пружина, стрелка на шкале тензиометра показывает количество делений, по которому в тарифовочной таблице указывается натяжение для троса данного диаметра. Существуют

также тензиографы, которые при соединении с тросом непрерывно записывают на ленте кривую натяжений в тросе.

Бегучий блок, зажим, замок. Бегучий блок предназначен для выбора аэростата в том случае, когда по каким-либо причинам его невозможно выбрать лебедкой.

Бегучий блок состоит из двух щек и легко вращающегося между ними шкива. Щеки вместе со шкивом охвачены скобой с откидным звеном на петле (рис. 154). Откидное звено закрывается чекой с пружиной. Чтобы чека не потерялась, она соединена со скобой цепочкой. Для выбора аэростата бегучим блоком трос заводится в скобу при открытом звене, затем звено закрывается, к скобе присоединяются поясные веревки, и выборание производится вручную.

В том случае, если место не позволяет выбрать аэростат бегучим блоком в один прием, пользуются зажимом.

Зажим состоит из двух стальных пластин, соединенных шарнирами. В пластинах прорезаны углубления, проложенные кожей для создания трения.

Трос укладывается в углубление, пластины закрываются и крепко завинчиваются болтами с рукоятками. На зажиме имеются

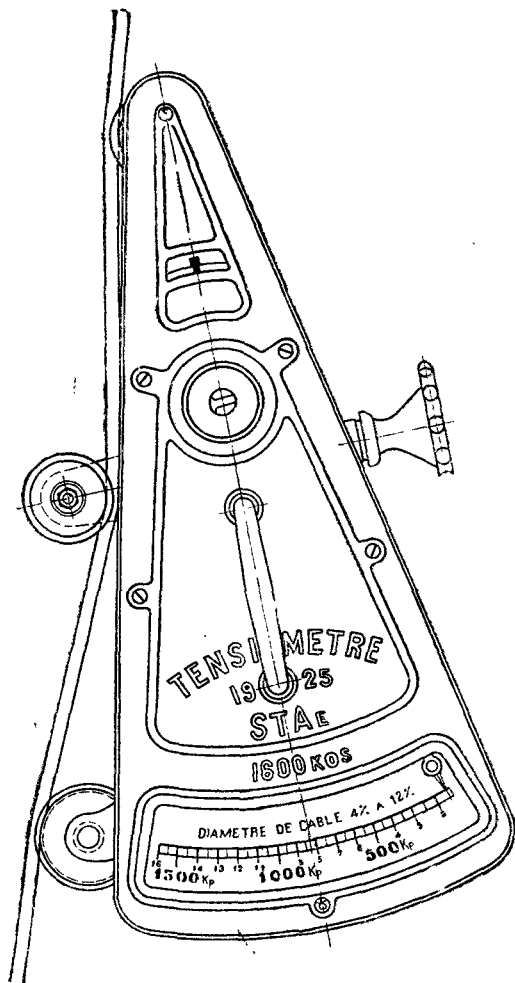


Рис. 152. Тензиометр „STAe“.

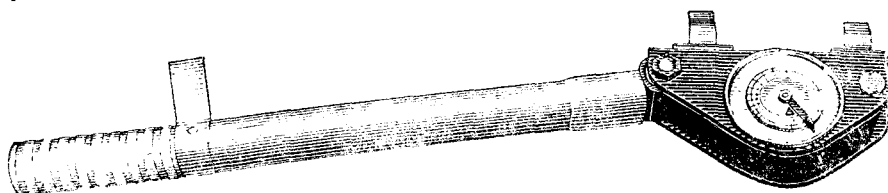


Рис. 153. Рычажный тензиометр.

петли для прикрепления поясных веревок или лямок. Часть команды остается с блоком на том месте, которого она достигла, отходя от лебедки, а оставшаяся часть команды с закрепленным на тросе зажимом двигается в сторону лебедки; это ликвидирует натяжение от аэростата на этот участок троса и дает возможность намотать его на барабан лебедки вручную.

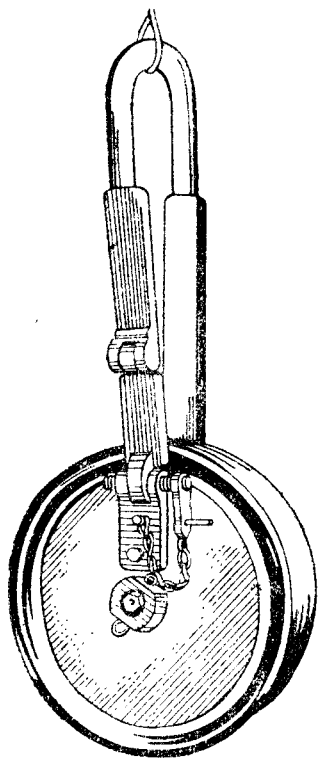


Рис. 154. Бегучий блок.

Эти маневры с зажимом, в зависимости от длины размотанного при сдаче аэростата троса, могут повторяться несколько раз, пока аэростат не будет подтянут к земле. Для соединения привязного троса с уздечкой аэростата или уздечки с трюником применяются стальные замок или карабин. На рис. 155 видны размеры этих деталей и их конструкция.

Наземное оборудование для эксплуатации дирижаблей. При эксплуатации воздухоплавательных аппаратов, наполняемых гелием, необходимо иметь установки для очистки газа. Такие установки есть на базах в США. Они — стандартного типа. Есть и подвижные установки, монтированные в двух железнодорожных вагонах.

Наземное оборудование баз и стоянок в зависимости от объемов дирижаблей, находящихся на них, может быть сложно.

База для дирижаблей — это порт, приспособленный и оборудованный для приема их, отправления и стоянки на ремонте.

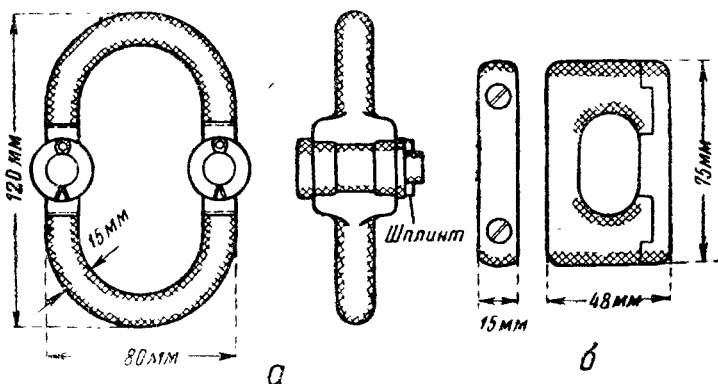


Рис. 155.

а — карабин; б — замок.

Базы могут быть учебными и эксплуатационными. Базы для больших дирижаблей имеют дорогостоящие сооружения — эллинги. Например, дирижабельные верфи в Фридрихсгафене, Стаакене (Германия) имеют по два эллинга с возможностью стоянки и сборки дирижаблей объемом до 200 000 м³, мастерские, газовый завод и много других сооружений. Один из самых больших в мире эллингов в г. Акроне (США) был выстроен для сборки дирижабля «Акрон». Эллинг представляет собой сталь-

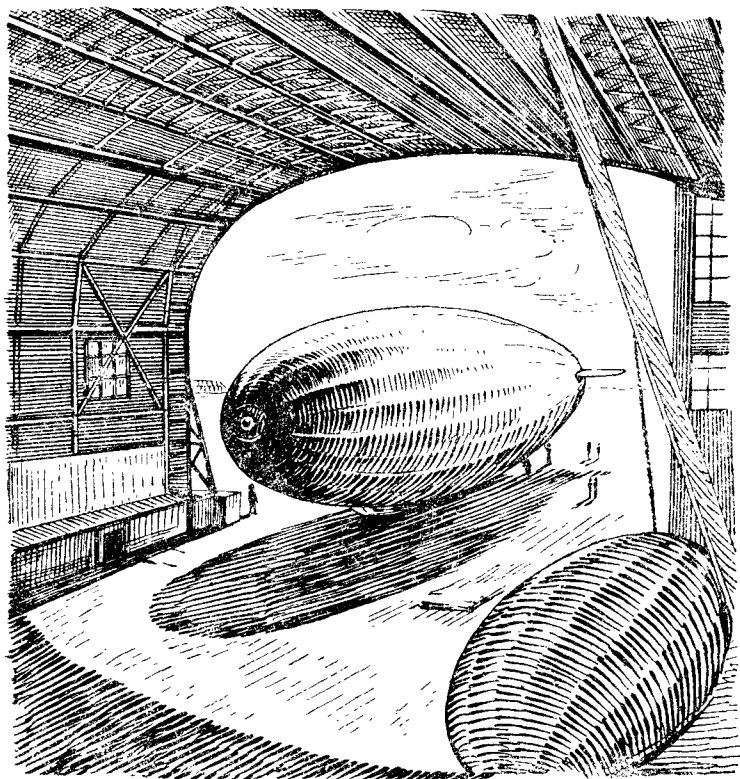


Рис. 156. Ввод в эллинг дирижабля „Лос-Анжелос“ в Лекхерсте (США).

ную конструкцию; длина эллинга — 358 м, ширина — 99 м и высота — около 64 м.

Эллинг в Лекхерсте несколько меньших размеров и имеет 245 м в длину, 80,5 м в ширину и 52 м в высоту. На рис. 156 видно, что, кроме дирижабля объемом 70 000 м³ («Лос-Анжелос» — «LZ-126»), в такой эллинг можно поставить подобный или больший дирижабль или несколько малых.

Для дирижабельной базы в Лекхерсте построена специальная причальная мачта высотой 18 м, которая после швартовки дирижабля самостоятельно передвигается в эллинг, вводя за собой дирижабль.

Причалынные мачты и башни упростили и удешевили причальные маневры воздушных кораблей, и наличие эллингов стало необходимым только на основных базах, где проводят осмотр и ремонт дирижаблей.

Мачта должна обеспечить возможность поворота дирижабля, подобно флюгеру, по направлению ветра, простоту и надежность прикрепления носа дирижабля к мачте и простоту маневра причаливания.

Мачты для причала дирижаблей имеются во многих странах.

Под базу для стоянки дирижабля в США был приспособлен морской корабль «Patoka». На нем была устроена причальная

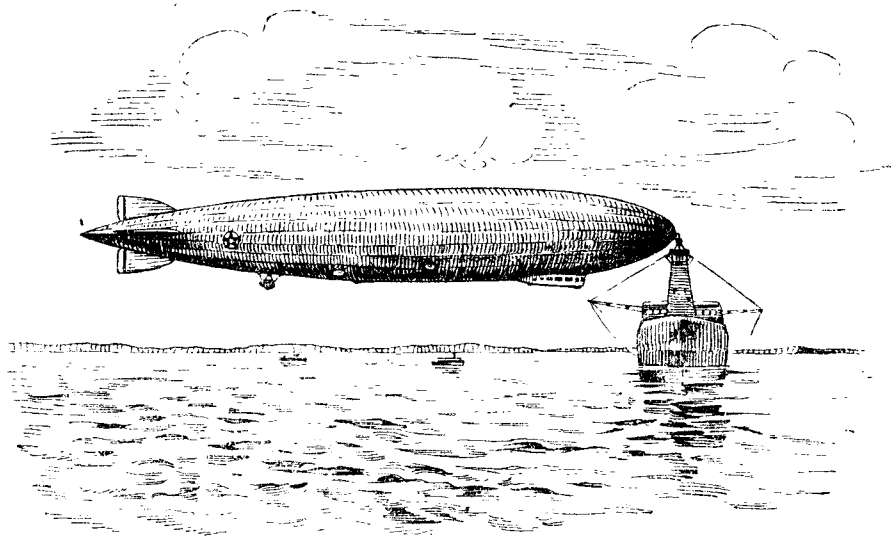


Рис. 157. Стоянка дирижабля, пришвартованного к мачте.

башня, к которой пришвартовывались дирижабли. Рис. 157 показывает пришвартовку к мачте корабля «Patoka» дирижабля «LZ-126». Из пришвартованного дирижабля можно выйти на верхнюю площадку причальной мачты.

Причалынные башни имеют лифт для подъема людей и грузов. Для подачи газа на подполнение дирижабля, горючего, воды, а для полужестких дирижаблей и воздуха в баллоны, на башне есть трубопроводы. Газ подается или от завода, расположенного поблизости, или от находящихся в башне батарей баллонов.

Существуют мачты незначительной высоты (2—3 м) как стационарные, так и подвижные на гусеничном ходу. Такая мачта была установлена в Ленинграде. Причаливание к такой мачте происходит на причальное устройство гондолы, в то время как хвостовая гондола устанавливается на специальную тележку, катящуюся по круговой дорожке.

Для обслуживания малых дирижаблей причальное оборудование значительно упрощено.

Причалные мачты для малых дирижаблей — примитивной конструкции (рис. 158). Это — легкая мачта на расчалках с легкой лебедкой (ручной или моторной).

Для малых дирижаблей могут быть применены и легкие деревянные эллинги с матерчатым покрытием. Часто дирижабли

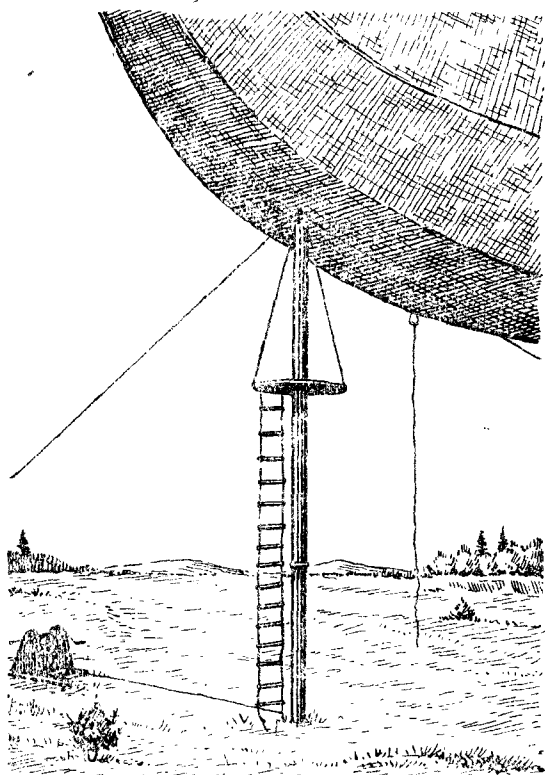


Рис. 158. Мачта для малых дирижаблей (Германия). Высота около 5,5 м.

объемом до 6 000 м³ имели стоянку на биваках, т. е. в местах, где не могло быть причальных мачт и эллингов. Во время войны 1914—1918 гг. большое количество английских дирижаблей — разведчиков и конвоиров — находилось на стоянках под открытым небом. Места стоянок (биваки) подбирались с благоприятными топографическими данными (овраг, складка местности, в лесу и т. п.).

Наземное оборудование таких баз немногим отличается от биваков обычных аэростатов наблюдения.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРИВЯЗНЫХ АЭРОСТАТОВ

26. Подготовка оболочек и наполнение их газом

Подготовка к подъемам сферического аэростата, аэростата наблюдения или заграждения может быть разбита на несколько предварительных операций, общих для аэростатов разных объемов и размеров. К ним относятся следующие:

- 1) наполнение воздухом;
- 2) осмотр аэростата;
- 3) определение объема аэростата;
- 4) регулировка клапана;
- 5) освобождение от воздуха;
- 6) складывание (если наполнение газом не производится сразу же после осмотра);
- 7) наполнение аэростата газом.

Наполнение аэростата воздухом производится для:

- 1) внутреннего осмотра и ремонта;
- 2) определения максимального и начального объемов;
- 3) определения (проверки) давления воздуха (газа) внутри аэростата при различных объемах (максимальном, начальном, наименьшем, допустимом для стоянки на биваке).

Наполнение оболочек воздухом производится довольно часто, так как каждый аэростат, новый или после складского хранения, перед наполнением газом должен быть просмотрен как снаружи, так и внутри.

Всякие работы по наполнению оболочки воздухом или газом должны обязательно проводиться на чистых брезентах.

Площадка, где производится работа с аэростатом (бивак), должна быть очищена от всех острых предметов, чтобы не повредить оболочку.

Раскладка брезентов для работы со змейковыми аэростатами производится с расчетом установки аэростата при наполнении носовой частью к направлению ветра.

При продувках воздухом клапан можно не устанавливать, но при проверке объема (определение объема сферического аэростата производится подсчетом¹) и давления клапан должен быть обязательно установлен.

К аппендиксу оболочки посредством деревянного патрубка (рис. 159) или деревянного кольца с желобком и с резиновым кольцом, прижимающим к последнему аппендикс, присоединяют шланг.

¹ Для этого тщательно вымеряют длину меридионального и экваториального швов. При незначительном расхождении в их размерах объем определяется по формуле объема шара:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = 4,189 r^3.$$

Если же расхождение значительно, то объем подсчитывается математически, исходя из полученных размеров шара.

Понятно, что плотность завязки на патрубке или кольце весьма важна, так как это гарантирует от попадания в оболочку воздуха (при наполнении ее газом), а следовательно, не снижает чистоты газа и подъемной силы аэростата. Другой конец шланга присоединяют к вентилятору (ручному или моторному), и начинается подача воздуха в аэростат.

Предварительно аэростат загружают мешками с балластом.

Оболочка аэростата наполняется воздухом до тех пор, пока на ней не будет больших складок.

Внешний осмотр аэростата заключается в следующем: осматривается поверхность оболочки для обнаружения возможных дефектов материи (потертости, масляные пятна и т. п.); осматриваются такелаж и его крепление, резиновые тяжи растягивающейся системы, при наличии таковой, и баллонет — в балло-

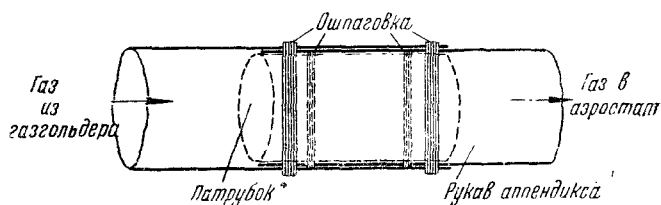


Рис. 159. Способ соединения аппендикса со шлангом через патрубок.

нетных аэростатах. Все замеченные дефекты должны быть устранены. Неисправные (с дефектами) резиновые тяжи, отдельные такелажные детали заменяют новыми, проколы в оболочке заклеивают. При невозможности ремонта в полевых условиях он должен быть сделан в мастерской, в заводском цехе, и только после ремонта можно производить подъем аэростата.

Внутренний осмотр заключается в том, что тот, кому поручено произвести осмотр, должен через аппендикс влезть в наполненный воздухом аэростат и изнутри просмотреть каждое полотнище оболочки. Все, даже очень небольшие отверстия в материи оболочки прекрасно видны на свет. При осмотре изнутри аэростат поворачивается вокруг продольной оси, чтобы ни одно полотнище не оказалось непросмотренным. При наличии внутренних тяжей осматривается каждый из них, и бракованные заменяются новыми. Для внутреннего осмотра выполнять оболочку полностью нет необходимости, так как полотнища растягивающейся системы можно перебрать руками.

Проверку объема аэростата можно осуществить несколькими способами:

1) путем выполнения аэростата до полного объема мерными газгольдерами¹;

¹ Комбинация мерных газгольдеров следующих объемов: 100, 50, 25, 10, 5 м³, дает возможность измерить объем любого аэростата с точностью до 5 м³.

- 2) путем обмера всех трапеций одного полотнища;
- 3) путем интегрирования, т. е. математического расчета, если известна формула, выражающая обвод аэростата.

Обычно в практической работе, при эксплуатации пользуются первыми двумя способами. Первый способ не требует пояснения, необходимо лишь иметь в виду, что при наполнении аэростата из газгольдеров утечка воздуха не должна допускаться.

При измерении объема вторым способом у трапеций на полотнище измеряется длина оснований трапеций (ab и a_1b_1) и высота, равная образующей конуса C , как указано на рис. 160.

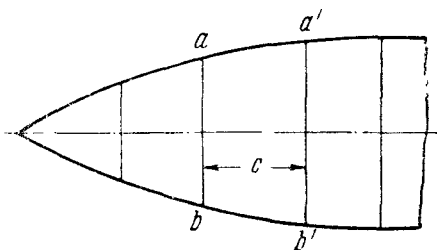


Рис. 160.

Общий объем аэростата вычисляется как сумма объемов отдельных усеченных конусов, количество которых должно соответствовать количеству измеренных трапеций, иногда плюс объем кормовой части, вычисленный как объем конуса. Объем каждого усеченного конуса определяется по формуле:

$$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr), \quad (30)$$

где R — радиус основания конуса;

r — радиус другого основания конуса;

h — высота усеченного конуса, равная $\sqrt{C^2 - (R - r)^2}$;

$\pi = 3,14$.

Радиусы оснований получают из формулы:

$$R = \frac{n(ab)}{2\pi}; \quad r = \frac{n(a_1b_1)}{2\pi}, \quad (31)$$

где n — количество продольных полотнищ в аэростате.

Объем конуса кормовой части вычисляется по формуле:

$$V_1 = \frac{1}{3} \pi R h. \quad (32)$$

Объемы суммируют и получают полный объем аэростата. Конечно, ошибки при этих вычислениях возможны главным образом при измерениях оснований трапеций, но тем не менее результаты получаются с достаточной для практики точностью. Для удобства работы запись при вычислении объема следует вести по следующей форме:

№ усеченных конусов	Длина основания трапеции ab в м	Длина основания трапеции a_1b_1 в м	Длина окружности радиуса R $n(ab)$ в м	Длина окружности радиуса r $n(a_1b_1)$ в м	Высота трапеции C	Радиус $R = \frac{n(ab)}{2\pi}$	Радиус $r = \frac{n(a_1b_1)}{2\pi}$	R^2	r^2	Rr	$R^2 + r^2 + Rr = p$	$R - r$	C^2	$(R - r)^2$	$C^2 - (R - r)^2$	$h = \sqrt{C^2 - (R - r)^2}$	$A = \frac{1}{3} \pi h$	$V = RA$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Таблица значительно облегчает подсчеты.

При вычислениях с помощью таблицы из суммы высот усеченных конусов (h) легко определяются длина аэростата, диаметр в миделе, поверхность.

При наполнении аэростата воздухом для контроля давления следует иметь на манометрической трубке аэростата (ниппеле) манометр (рис. 161).

В манометр до нулевой отметки заливается вода¹. При давлении в аэростате газ нажимает на уровень воды в широкой трубке и приподнимает уровень в узкой трубке, так как конец внутренней трубки открыт. Отсчеты производятся от нуля в обе стороны и суммируются; это дает величину внутреннего давления в баллоне. Чтобы избежать при отсчете ошибки на параллакс, уровень жидкости в манометре при отсчете необходимо держать на уровне глаз.

При наполнении оболочек до полного объема давление более 50—60 мм вод. ст. давать не следует, так как обычное эксплуатационное давление при полном выполнении аэростатов с растягивающейся системой не превышает этих цифр.

Тарировка клапана проверяется при выполненном полностью аэростате. Когда давление по манометру достигнет той величины, на которую тарировался клапан, тарелка последнего должна открыться. При понижении давления в аэростате на 3—5 мм клапан должен закрыться.

При полном растяжении растягивающихся полотнищ контрольная лента перетягивается до своей конечной метки, а если метки

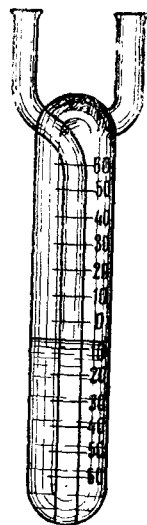


Рис. 161. Жидкостный манометр.

¹ При заливке манометра спиртом давление в мм вод. ст. можно вычислить, если высоту столба спирта умножить на его удельный вес.

нет, то ее необходимо нанести в тот момент, когда на растягивающихся полотнищах не будет складок.

Имея полный объем аэростата и зная его начальный объем, выпускают нужное количество воздуха и наносят метку. Для нанесения третьей метки, показывающей минимальный объем аэростата при стоянке на биваке, выпускается еще определенное количество воздуха из расчета, что давление по манометру должно быть в пределах от 2 до 5 мм вод. ст. Например, французский аэростат наблюдения «БД» требует, чтобы перед подъемом давление в баллоне было не менее 14—15 мм, доходя при полном выполнении до 50 мм. Если полный объем при наполнении воздухом того же «БД» будет равен 1050 м³, а его расчетный начальный объем — 820 м³, то, чтобы проверить метку на контрольной ленте при начальном объеме, нужно выпустить из аэростата 230 м³ воздуха, причем давление в аэростате должно быть около 15 мм. Если же после выпуска 230 м³ воздуха окажется, что давление в аэростате получилось значительно меньшим, например равным 3 мм вод. ст., то это означает, что резиновые тяжи растягивающейся системы имеют остаточную деформацию и их необходимо заменить. Иначе при наполнении, чтобы создать нормальное давление (14—15 мм), придется давать объем газа больше нормального, что снизит высоту подъема, так как аэростат выполнится ранее расчетного времени. При сдаче аэростата на высоту выше зоны выполнения, что иногда имеет место, автоматический клапан начнет выпускать газ.

От такого подъема можно ожидать неприятных последствий, так как аэростат при выборе, потеряв через клапан газ, придет к земле с малым давлением внутри оболочки, и при значительном ветре на аэростате может легко образоваться ложка, что повлечет за собой потерю устойчивости аэростата, большие натяжения в привязном тросе и его обрыв.

Чрезвычайно важное значение имеет регулировка газового автоматического клапана, которая должна быть весьма точной, так как при открытии клапана раньше расчетного давления газ из еще не выполненного полностью аэростата будет теряться, и аэростат не достигнет расчетной высоты. В том случае, когда клапан при расчетном давлении не открывается, т. е. когда оболочка полностью выполнена и растягивающиеся полотнища не имеют складок, дальнейший подъем приводит к резкому увеличению давления внутри оболочки и к разрыву ее. При освобождении оболочки аэростата от воздуха клапан снимается и развязывается аппендикс.

После того как из аэростата выйдет 30—40% воздуха, дальнейшее удаление его производится путем закатывания оболочки с обеих сторон в продольном направлении, так как при поперечном закатывании портятся и могут быть оборваны резиновые тяжи.

Перед закатыванием оболочки необходимо удалить воздух из боковых стабилизаторов путем закатывания их от носа к корме.

и из рулевого мешка — от кормы к носу. Если останется в стабилизаторах воздух, то сложить и упаковать оболочку трудно.

Складывание оболочки можно осуществить двумя способами. Первый из них заключается в следующем: оболочку растягивают вдоль и поперек, предварительно завязав аппендикс во избежание подсоса воздуха, команда становится по одну сторону оболочки, на которую она будет складываться, и, если

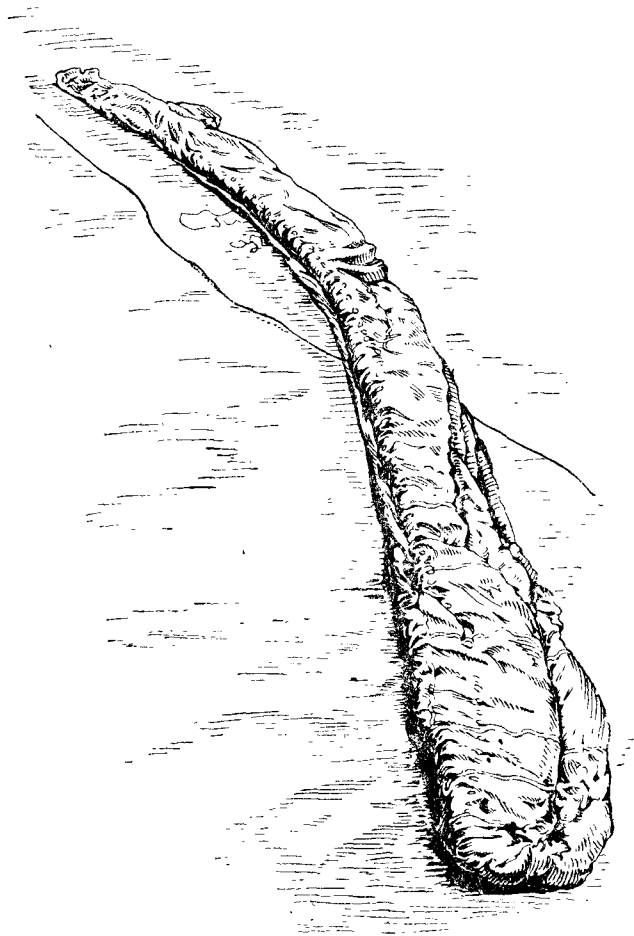


Рис. 162. Укладка оболочки аэростата.

аэростат с растягивающейся системой, люди берутся за первый шов ниже растягивающегося полотнища. Шов укладывают, из-под оболочки вытаскивают веревки такелажа, расправляют их и укладывают на оболочке. Затем по команде берут следующий шов и укладывают его на первый и т. д., пока оболочка в продольном направлении не будет сложена, как это показано на рис. 162. Сложенную и вытянутую в продольном направлении

оболочку перегибают несколько раз по размерам чехла, укладывают в чехол и упаковывают (рис. 163). Другой способ — упрощенного складывания, когда разложенную оболочку с боков перегибают на середину и концы ее перегибают в продольном направлении несколько раз по размерам чехла.

Наполнение аэростата газом можно производить из газгольдеров или баллонов со сжатым газом. Змейковые аэростаты обычно наполняются из баллонов через коллектор.

Расположение аэростата и коллектора должно быть таково, чтобы аэростат стоял носом против ветра. Перед наполнением на петли тросовых мостиков у аэростатов наблюдения или на

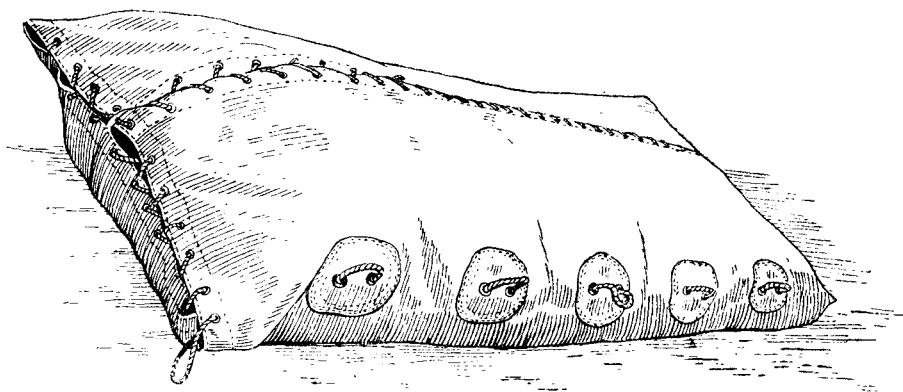


Рис. 163. Оболочка упакована в чехол.

гусиные лапки у аэростатов заграждения вешаются мешки с балластом. Один конец шланга (рис. 159) присоединяют к аппендиксу, другой — к раструбу коллектора (или к газгольдеру).

Первая порция газа (0,5—1 м³) выпускается через кран коллектора наружу, чтобы воздух, имеющийся в коллекторе, не попал в аэростат. Шланг при этом должен быть зажат. Затем кран закрывается, и газ по шлангу идет в оболочку аэростата.

При наполнении аэростата из газгольдеров работу можно производить газовым вентилятором, перегоняющим газ из газгольдера в оболочку, или путем передавливания, когда газгольдер закатывается и обслуживающий персонал своей тяжестью равномерным нажимом создает в газгольдере давление, и газ перегоняется по шлангу в аэростат. Поочередным перехватыванием шланга, в то время когда слабина в газгольдере закатывается, и отпусканием, когда из газгольдера газ пошел в аэростат, удается перелить газгольдер в течение 5—6 минут при составе команды не менее 8 человек.

27. Подъем аэростатов

Подготовка к подъему змейковых аэростатов сводится к подготовке самого аэростата, лебедки, приборов и к получению

метеорологических данных. Для снаряжения аэростата наблюдения типа французского «БД» требуется команда до 40 человек. Для снаряжения аэростатов заграждения типа «N» и «NN» требуется команда от 8 до 12 человек.

Перед подъемом аэростата производится наружный осмотр его. Аэростат выполняется до нормального объема; при этом должны быть известны чистота газа в аэростате, его подъемная сила и измеренное манометром давление газа в оболочке. Подъемная сила аэростата определяется взвешиванием его, т. е. на аэростат подвешивают мешки с балластом определенного веса до его уравнивания. Определив сплавную силу аэростата, для чего обычно и делается взвешивание, и зная вес материальной части, находим полную подъемную силу газа в аэростате. Так как объем известен, то легко определить удельную подъемную силу газа и при данных метеорологических условиях — его чистоту.

Существует и другой, более точный способ определения чистоты газа — с помощью шара-пилота. Этим способом пользуются, когда нет прибора для определения чистоты газа (см. приложение 6).

Затем производится расчет команды с распределением людей на уздечку, корзину, на поясные, на рулевой мешок и т. д. Поясных веревок берется до 12 штук, которые при снаряжении аэростата на месте подъема ставятся: в узлы присоединения переднего конца уздечки по 3 штуки на каждую сторону, в узлы присоединения заднего конца уздечки по 2 штуки на сторону и по одной поясной веревке на сторону в узлы соединения средних подвесных (корзиночных) строп. В корзину кладется балласт с таким расчетом, чтобы сплавная сила аэростата не превышала 15—20 кг. По команде аэростат сдается в воздух на стропах и поясных веревках до тех пор, пока он не встанет на подъемный трос лебедки.

По соответствующей команде тормоз лебедки отпускается, и аэростат сдается до указанной высоты.

Для снаряжения аэростата типа «БД» к подъему, включая и снятие его с бивака, требуется 5—10 минут.

Подъемы нельзя производить при ветре на земле свыше 12 м/сек, а также при ветрах на высотах более 25 м/сек и при грозовом состоянии атмосферы. При натяжении, достигающем в привязном тросе 40—50% от его разрывной нагрузки, подъемы также должны прекращаться.

Причины, вызывающие сильное натяжение на привязной трос, могут быть различны. Чем больше сила ветра, действующая на аэростат, тем, естественно, больше натяжение на трос.

Неправильно установленный угол атаки вызывает сильное натяжение в тросе, даже при умеренной силе ветра (когда угол большой), или прижатие аэростата к земле (когда угол отрицательный).

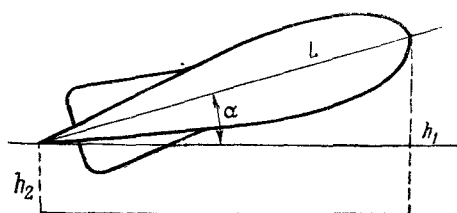
Положительный угол атаки создает динамическую подъемную силу (отсюда название: змейковый аэростат), но вместе с подъем-

ной силой, при большом угле атаки, создается слишком большое натяжение в тросе. Практически угол атаки всякого змейкового аэростата при ветре значительной силы должен быть в пределах от 5 до 10°, а при любых условиях — не более 12°.

Отсюда видно, что при подъеме змейковый аэростат должен иметь всегда положительный угол атаки. Угол атаки аэростата легко проверить. Для этого в носовой и кормовой точках аэростата по линии его продольной оси нужно прикрепить размеченные на метры концы шпагата длиной около 25 м каждый. На горизонтальной площадке в тихую погоду аэростат с наполненными воздухом стабилизаторами на тросе сдается на небольшую высоту (трос с лебедки разматывают на 2—5 м).

После того как аэростат уравновесится, по отвесам измеряется расстояние носовой и кормовой частей аэростата от земли.

Отсчитав количество метров до земли в носовом (h_1) и кормовом (h_2) отвесах (рис. 164), производится подсчет:



$$\frac{h_1 - h_2}{L} = \sin \alpha, \quad (33)$$

где L — длина аэростата по продольной оси в м.

В таблице тригонометрических функций по $\sin \alpha$ находим угол атаки.

Рис. 164. Проверка угла атаки аэростата.

Если угол велик или мал, то его следует изменить, повторив такое же измерение.

Увеличение угла атаки производится путем засыпки балласта в имеющийся у некоторых аэростатов кормовой карман; при этом нужно иметь скользящую подвеску. Уменьшение угла атаки производится укорочением передних (удлинением задних) привязных строп. Часто для изменения угла атаки изменяют длину корзиночных строп, перемещая тем самым центр тяжести системы. Конечно, при изменении длины тех или иных строп необходимо следить за тем, чтобы это изменение было одинаковым и в небольших пределах, т. е. чтобы одноименные стропы обеих сторон аэростата были одинаковы по длине, иначе аэростат будет в воздухе стоять неправильно.

При подъемах аэростата наблюдения в корзине должен быть в зависимости от задания соответствующий комплект приборов.

Навигационные приборы нужны при каждом подъеме аэростата. К этим приборам относятся:

барограф, записывающий высоту подъема аэростата на ленте (рис. 165);

альтиметр, показывающий высоту подъема;

альтиметр обычного самолетного типа (рис. 166);

вариометр, показывающий скорость подъема или спуска, с диапазоном скоростей от 0 до 10 м/сек (рис. 167).

Необходимо также иметь в корзине анемометр. Анемометр представляет собой прибор (рис. 168) для определения

скорости ветра. В крестовине, насаженной на ось, находятся легко вращающиеся полушария (называемые робинзоновыми), связанные с циферблатом. В зависимости от скорости вращения

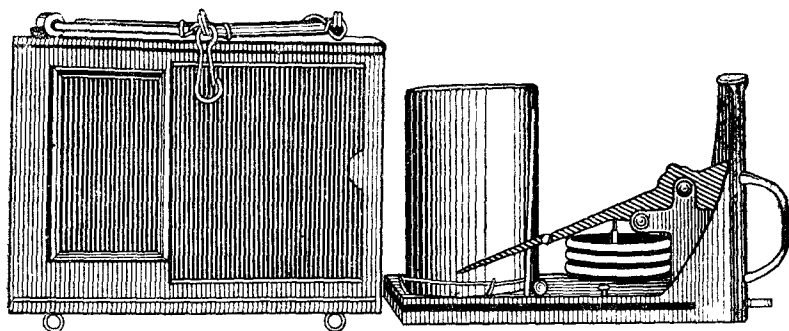


Рис. 165. Барограф.

полушарий с соответствующей скоростью перемещается и стрелка на циферблате, показывающая по отсчету скорость ветра.

Скорость ветра определяется очень просто. Анемометр держат в течение 30 или 60 секунд выставленным из корзины. По истечении этого времени производится отсчет.

Предположим, что большая стрелка обошла за 60 секунд четыре полные окружности, отмеченные на соответствующем малом циферблате, и была остановлена на делении 20. Так как циферблат разделен на 100 делений, то стрелка прошла всего 420 делений. Разделив 420 на 60, получим среднюю скорость ветра, равную 7 м/сек. Практически проверку скорости ветра удобно производить в течение 100 секунд, потому что полученное число делений легко разделить на 100.

Необходимы также бинокли, карты, фотоснимки обслуживаемого сектора, линейки, карандаши, компас, манометр и пр.

При работе аэростата наблюдения в корзине необходим телефонный аппарат.

Для измерения температуры берут обычный термометр или термограф (рис. 169), который имеет часовой механизм и записывает температуру в течение продолжительного времени.

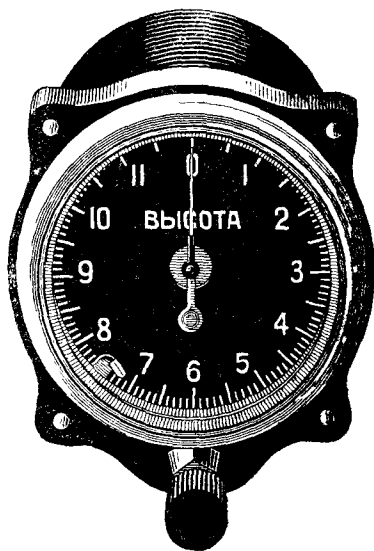


Рис. 166. Альтиметр.

При подъемах аэростатов всевозможных конструкций и назначений, совершаемых, в частности, для метеорологических целей без наблюдателя, бывает необходимо иметь сведения о скорости ветра на высотах. Определить скорость ветра по высотам можно посредством пуска шара-пилота, а также посредством подъема метеорологических приборов.

Простейший из таких приборов — бароанемограф — фиксирует скорость ветра и величину атмосферного давления, благодаря чему в каждый любой момент записи прибора можно вы-

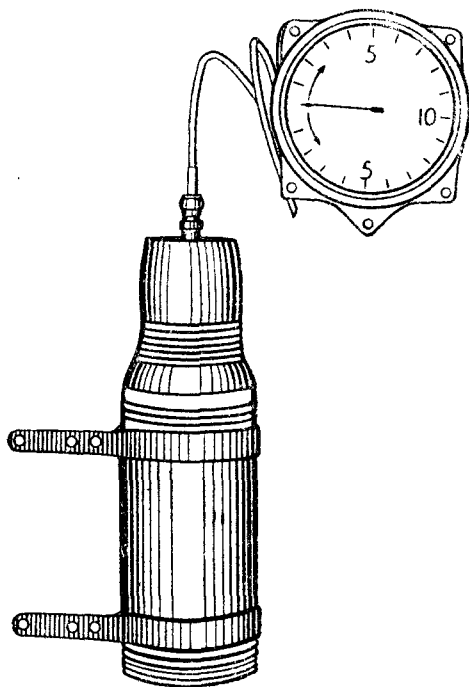


Рис. 167. Вариометр.

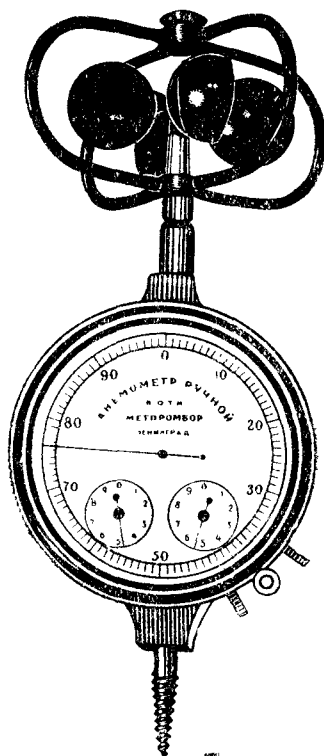


Рис. 168. Анемометр ручной.

считать высоту его подъема. Другой прибор такого же типа, называемый змейковым метеорографом (рис. 170), фиксирует на барабане, вращение которого производится от часового механизма, скорость ветра, давление, температуру и влажность. Неудобство подвески метеорографа и возможность отклонения его от направления воздушного потока, что способствует искажению показаний скорости ветра, были в значительной мере уменьшены в анемотермобарографе (рис. 171, 172) введением направляющих (стабилизирующих) плоскостей и некоторых других усовершенствований в конструкции, обеспечивающих большую точность в показаниях. Анемотермобарограф

фиксирует скорость ветра (вращение полушарий ветром передается на механизм, связанный со стрелкой), температуру и атмосферное давление.

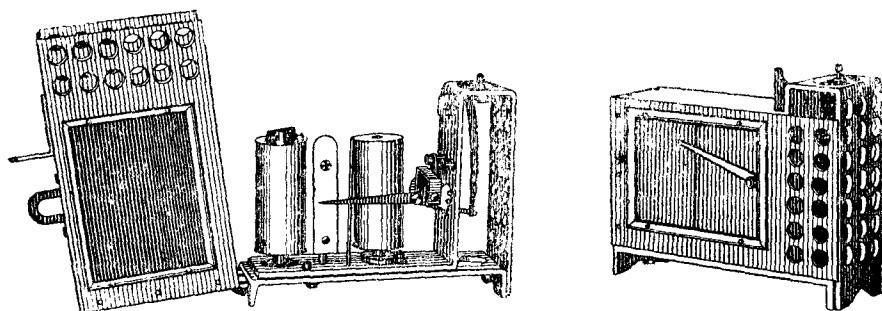


Рис. 169. Термограф.

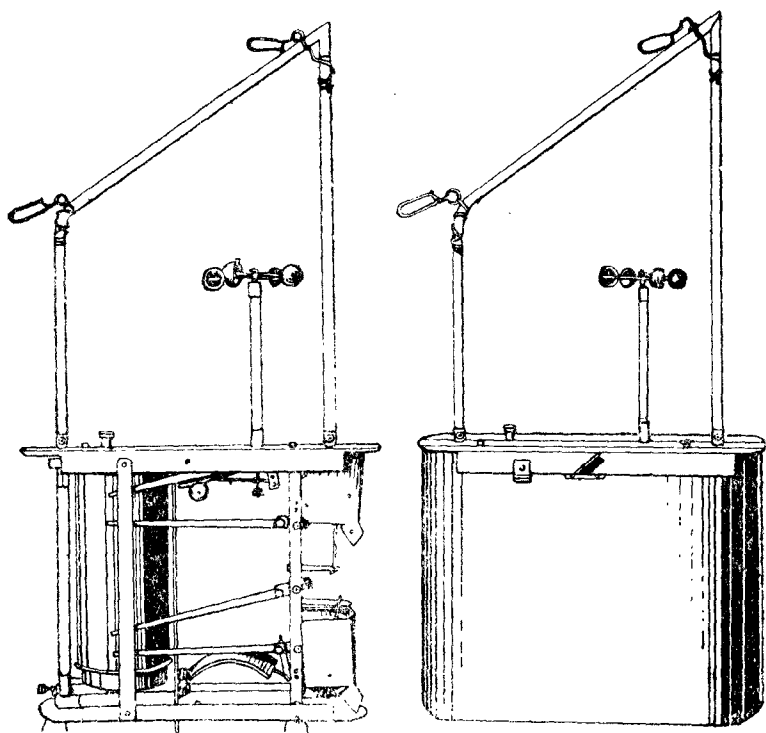


Рис. 170. Змеяковый метеорограф.

Подготовленный аэростат можно поднимать при условии отсутствия предельного для данной конструкции ветра и при отсутствии грозового состояния атмосферы. Наблюдение метеорологической службы за состоянием атмосферы должно быть во все время подъемов.

При правильно отрегулированном такелаже (угол атаки 5—10°) аэростаты не должны иметь большого угла сноса. Углом сноса аэростатов называется угол, заключенный между вертикальной

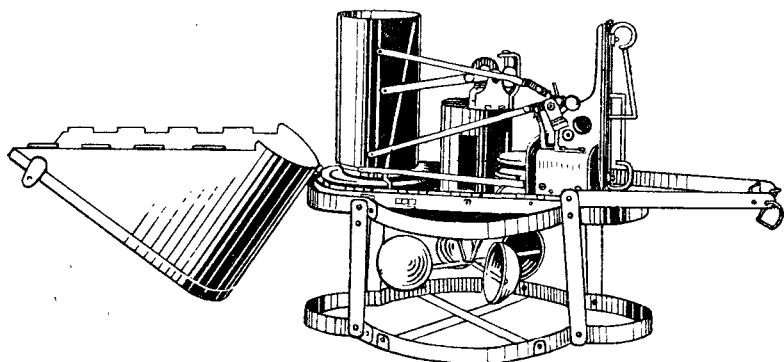


Рис. 171. Анемотермобарограф (открыт).

линией над лебедкой и прямой линией, соединяющей место крепления троса с уздечкой и лебедкой (рис. 173).

Величину сноса D определяет произведение синуса угла сноса на расстояние от точки крепления к уздечке до лебедки¹, т. е.

$$D = A \cdot \sin \alpha. \quad (31)$$

Снос характеризует собой расстояние от лебедки до вертикальной проекции аэростата на землю.

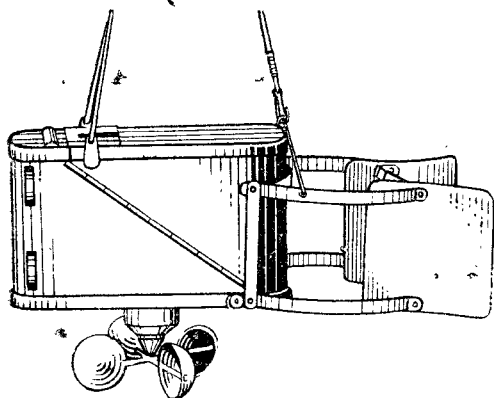


Рис. 172. Анемотермобарограф (закрыт).

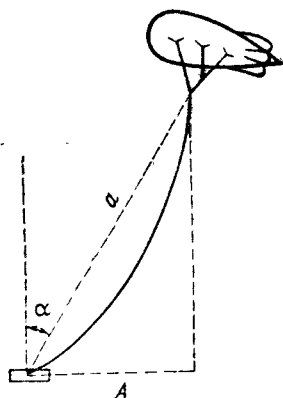


Рис. 173. Угол сноса аэростата.

В описании материальной части были указаны меры предохранения от разрядов атмосферного электричества при эксплуата-

¹ Если провес троса значительный, то для определения расстояния от лебедки до аэростата на провес нужно сбросить от длины размотанного троса 10—15%; если же провес мал, расстоянием до аэростата будет длина троса, размотанного при сдвигании аэростата.

ции итальянских аэростатов в гористой местности. Там этот вопрос решался путем изоляции аэростата от корзины. В других случаях противозлектрическое предохранение заключается в том, что лебедку, изолированную резиновыми баллонами, соединяют с землей путем забивания в нее металлических штырей, соединенных тросами с лебедкой.

Атмосферное электричество передается от аэростата по тросу и через штыри уходит в землю. В жаркую, сухую погоду землю около забитого штыря для лучшей электропроводимости следует поливать водой.

Кроме этого, обслуживающий персонал должен работать в резиновых перчатках и резиновых диэлектрических ботах. Профилактическое мероприятие заключается и в том, чтобы люди, не работающие непосредственно на лебедке, во время нахождения аэростата в воздухе были удалены от нее и не прикасались к ней, особенно при грозовом состоянии атмосферы, что часто бывает в жаркие летние дни.

Если подъемы аэростата производятся в каком-то удалении от бивака, то аэростат переводится на руках до места расположения лебедки, около которой аэростат останавливается носом против ветра.

Присоединив такелаж аэростата к привязному тросу, команда сдает аэростат на поясных веревках и стропах в воздух до тех пор, пока он не встанет на привязной трос. Сдача в воздух на тросе происходит путем вытягивания троса самим аэростатом.

На лебедке должно быть исключительно плавное (без резких остановок, в случае которых может произойти обрыв троса) притормаживание, если скорость подъема велика или необходима остановка, например для определения натяжения в тросе.

Сдача аэростата производится до заданной высоты. Если происходит сдача в воздух аэростатов заграждения, то, после того как первый (верхний) аэростат выбрал положенное ему по расчету количество троса, подводится второй аэростат, присоединяется через отросток троса длиной до 15 м на петле или замке к основному тросу, и в дальнейшем производится сдача в воздух уже двух аэростатов (тандем). Сложная фартучная система требовала одновременного сдавания аэростатов на нескольких лебедках.

28. Маневры с аэростатом

При эксплуатации аэростатов может встретиться необходимость перевода аэростата в наполненном состоянии с одного места на другое. Такое маневрирование может быть осуществлено, когда команда ведет аэростат на руках — на спусках, на поясных и на тройнике или при передвижении лебедки с поднятым аэростатом.

Порядок походного движения на спусках принимается тогда, когда местность не сильно пересеченная и не имеет препятствий, затрудняющих проход аэростата. Конечно, этот порядок

перехода обеспечивает наибольшую скрытность передвижения и может быть проведен при значительной скорости ветра на земле (до 10 м/сек), но при малой скорости передвижения (3—4 км/час) утомителен для команды.

Перед таким переводом аэростат загружается (больше в средней части) мешками с балластом настолько, чтобы он имел значительную сплавную силу. Подвешенные мешки берут в руки и, приподнимая их, начинают передвижение.

Порядок походного движения на поясных веревках применяется в тех случаях, когда аэростат нельзя провести вследствие препятствий.

Перевод аэростата на поясных можно производить при значительном ветре (до 5 м/сек). Скорость передвижения не будет превышать 3 км/час.

При передвижении на поясных корзина может быть не снаряжена или снаряжена и загружена балластом. На концах поясных сделаны удобно развязываемые петли, на которые команда вешает мешки с балластом.

Порядок походного движения на тройнике применяется при бездорожье или плохих дорогах, в лесистой и пересеченной местности, при наличии на пути больших препятствий (провода, река, небольшие населенные пункты), которые иначе преодолеть нельзя.

Переход на тройнике может быть осуществлен при ветре не более 8 м/сек, при дальности перехода не свыше 15 км, со скоростью передвижения 3—4 км/час. При передвижении на тройнике снаряжение аэростата производится так же, как для подъемов на тросе. Во время движения наблюдатель находится в корзине и может вести наблюдение.

Тройник представляет собой 3 каната по 75 м длиной. На каждый из концов канатов к петле присоединяют лямки с костыльками, за которые команда и удерживает аэростат при его переводе. Другой конец тройника крепится к уздечке аэростата.

Переход через препятствия производится постепенной передачей канатов, которые перетягивают через препятствия с помощью веревочной бросалки с грузом.

Походный порядок с аэростатом на тросе, сданном до любой высоты (обычно высота 100—150 м), применяется в случае необходимости срочного перемещения аэростата на другую позицию, при наличии дорог, позволяющих проход лебедки и не имеющих частых препятствий. Удобство этого походного порядка заключается в том, что скорость передвижения аэростата в зависимости от скорости передвижения лебедки может быть довольно значительной.

При встрече с препятствиями во время движения лебедки с аэростатом, поднятым на тросе, их преодоление производится или переходом на поясные, или на тройник.

При встрече на дороге препятствий, мешающих прохождению троса, последний при помощи блока отводится командой в сторону. При работе аэростата наблюдения с бронепоездом пере-

движение его производится или с поднятым аэростатом на лебедке с железнодорожной платформы, или он прижат к платформе, если она к этому приспособлена. На небольшие расстояния аэростат может быть переведен командой по земле любым из указанных выше способов.

То же относится и к применению аэростата наблюдения в речных флотилиях или на кораблях морского флота, с той лишь разницей, что при передвижениях специальной баржи или другого судна, на котором установлена лебедка, аэростат, как правило, устанавливается на этом же судне или барже в выбранном (сниженном) состоянии.

На морские военные корабли, если они не приспособлены специально для стоянки на них аэростата, последний должен передвигаться перед отплытием корабля. Передача производится с берега при помощи бегучего блока или путем перевода аэростата катером или буксиром на тросе длиной до 100 м, с последующей передачей его при помощи блока на палубу корабля или непосредственно на привязной трос лебедки. При невозможности перевода аэростата в наполненном состоянии его перебрасывают в сложенном виде с запасом сжатого газа в баллонах.

29. Выбирание аэростатов. Бивак

Выбирание аэростатов наблюдения и заграждения можно производить с той скоростью, какую может дать лебедочный механизм.

Скорость выбирания зависит еще и от натяжения в привязном тросе, увеличивающегося с возрастанием скорости ветра и при неправильно установленном угле атаки аэростата (угол велик).

Предельная нагрузка на привязной трос, до которой можно увеличивать скорость выбирания, не должна быть более 50% от разрывной нагрузки применяемого троса.

Увеличенная скорость выбирания баллонетных аэростатов достигается тем, что баллонет расположен ближе к носовой части; это при выбирании обеспечивает наклон аэростата на нос, а следовательно, меньшее сопротивление. Такой аэростат во время выбирания идет по винтовой линии, что затрудняет поражение его при атаке самолетом.

При подходе выбираемого аэростата к земле, на высоте 150—200 м, во избежание разгона аэростата по инерции и возможности его удара о землю, скорость выбирания должна быть уменьшена до 1,5—2,0 м/сек.

Когда узел соединения привязного троса с уздечкой подходит к блоку лебедки, выбирание прекращается, и дальнейшее снижение аэростата производится командой за поясные и стропы.

При смене наблюдателей выбирание и подтягивание аэростата команда производит до тех пор, пока корзина не коснется земли.

Для расснаряжения аэростата наблюдения последний, подтянутый до земли, загружается балластными мешками, аппендиксы

стабилизаторов развязываются, и производится отсоединение корзины и троса от уздечки.

Аэростаты после подъемов устанавливаются на биваке, который, как место стоянки, нужно выбирать с учетом многих обстоятельств.

Бивак должен обеспечить стоянку аэростата, защищенную от ветра. Он должен быть недалеко от места подъемов, чтобы максимально сократить время на перевод аэростата.

В боевой обстановке необходимо предусмотреть полную маскировку бивака от наземного и по возможности от воздушного наблюдения противника. Кроме того, бивак должен иметь удобные подходы к нему, обеспечивающие скрытность ввода и вывода аэростатов. Он должен располагаться в зоне от 3 до 10 км от передовой линии своих войск, причем более короткие расстояния допустимы только при наличии благоприятных условий, т. е. при развитии успешных наступательных действий своих войск.

При устройстве бивака на открытом месте необходимо обеспечить стоянку аэростата носом в сторону господствующих в данной местности ветров; при этом следует использовать искусственную маскировку.

Во избежание одновременного обстрела места подъемов и бивака, они должны быть друг от друга на расстоянии не менее 500 м. Для затруднения пристрелки не следует выбирать место бивака около хорошо заметных ориентиров на местности (перекрестки больших дорог, отдельные строения, резко очерченные изгибы реки и т. п.). Для безопасности в пожарном отношении места для бивака выбирают на значительном расстоянии от кулонь, стогов сена или соломы, жилых помещений и т. д.

В зависимости от размеров аэростата на месте бивака разбивается площадка. По краям площадки прорываются дренажные канавы. Площадка должна быть очищена от всех предметов, могущих повредить оболочку аэростата; если бивак располагается в лесу, то все деревья и сучья, о которые можно при выводе повредить аэростат, спиливаются.

Для укрепления аэростата на биваке, в зависимости от места нахождения бивачных оттяжек на бивачном поясе аэростата, против каждой из них завинчиваются штыки или забиваются колья, к которым и крепятся бивачные веревки. Для надежности крепления колья забиваются с наклоном 45° в сторону от аэростата.

Веревка от разрывного полотнища аэростата прикрепляется самостоятельно к дереву или специально вбитому колу. Делается это из предосторожности, так как в случае срыва аэростата ветром с бивака разрывное полотнище будет вскрыто, и газ из аэростата выйдет.

На расстоянии 6—8 м от площадки расчищается площадка для газгольдера, из которого производится подполнение аэростата газом.

Основной задачей при эксплуатации аэростатов является со-

хранение их подъемной силы, а тем самым сохранение чистоты газа в оболочках.

В оболочках, наполненных газом, имеется явление диффузии, т. е. оболочка, пропуская газ наружу, в то же время пропускает внутрь оболочки, хотя и в меньших количествах, воздух. Вследствие этого уменьшается чистота газа, а вместе с ней и подъемная сила.

Предел чистоты газа, при которой могут работать змейковые аэростаты, 83—85%.

Газ, использованный в змейковых аэростатах, часто используется для сферических аэростатов.

Расход газа при эксплуатации аэростатов и дирижаблей вызывается тремя причинами:

- а) постоянной диффузией газа через оболочку в зависимости от газопроницаемости оболочки;
- б) колебаниями температуры и атмосферного давления;
- в) выпуском газа через автоматический клапан при подъемах на высоту.

Для уменьшения диффузии в отношении проникания воздуха внутрь оболочки наиболее выгодным является поддержание некоторого сверхдавления¹ газа внутри оболочки — на 3—5 мм вод. ст., так как при отсутствии такого давления происходит сильное засасывание наружного воздуха внутрь оболочки.

Возможны очень многие комбинации в изменении атмосферного давления и температуры, часто компенсирующие друг друга в отношении расхода газа; этот расход будет тем больше, чем хуже в смысле газопроницаемости материя оболочки и чем больше ее поверхность.

Следует иметь в виду, что остывание газа в оболочках вследствие суточного хода температуры начинается с 13—14 часов, и перед восходом солнца газ имеет минимальную температуру.

В зависимости от интенсивности работы, высоты подъемов и метеорологических условий аэростат в течение месяца требует газа для подполнения 50—150% своего объема на земле. Отсюда ясно, что аэростат при эксплуатации требует непрерывного наблюдения за его состоянием.

Подполнение аэростатов газом производится из обычных матерчатых газгольдеров или баллонов с сжатым газом. Для больших аэростатов и дирижаблей (мягких и полужестких) часто применяется специальный газгольдер, называемый «мамкой» или «кормилицей».

Принцип действия такого автоматического газгольдера виден из приведенного рис. 174. Объем его должен перекрывать все возможные в той или иной оболочке изменения объема газа

¹ О сверхдавлении здесь говорится в смысле некоторого превышения внутреннего давления над давлением атмосферным, так как вообще под сверхдавлением нужно понимать возрастание давления в столбе самого газа, которое увеличивается снизу вверх по линейному закону и зависит от высоты столба газа и его удельной подъемной силы.

в зависимости от изменения атмосферного давления, а главным образом температуры.

Цилиндрическая часть «кормилицы» сделана из баллонной материи. Верхнее жесткое кольцо с матерчатым дном жестко закреплено на стойках каркаса.

Нижнее, подвижное дно соединено тросами через блоки с противовесами из гирь или мешков с песком.

Под действием противовесов газ имеет постоянное давление, которое можно изменять, увеличивая или уменьшая груз. Таким образом, газ в оболочке, с которой соединен такой газгольдер, находится постоянно под давлением.

При повышении давления избыток газа в оболочке переходит из нее по соединительному шлангу в газгольдер, поднимая противовесы; при уменьшении объема газа в оболочке (при уменьшении давления) газ начинает переходить из газгольдера в оболочку, причем опускающиеся противовесы создают постоянное заданное давление.

Автоматический газгольдер небольшого объема можно применять для испытания на утечку и определения расхода газа клапанами.

«Кормилицы» больших объемов примитивны по конструкции и делаются чаще с деревянной рамой. Для контролирования давления газа в «кормилице» на ней должен быть установлен манометр.

На биваке, где стоят аэростаты, должны находиться приборы для измерения чистоты газа и определения газопроницаемости материи. Чистоту газа необходимо измерять регулярно, не менее одного раза в 3 дня. Иногда при низкой чистоте газа пользуются частичным его освежением, когда отливают из аэростата от 30 до 50% объема старого газа и добавляют в таком же количестве свежего.

Такое освежение вообще неэкономично, и им пользуются в том случае, если в дальнейшем будут непродолжительные подъемы, после которых оболочки освобождаются от газа.

К операции освобождения оболочек от газа необходимо относиться весьма осторожно, так как вследствие засасывания в оболочку воздуха возникает опасность образования гремучей смеси.

Чтобы избежать электризации, оболочку необходимо освобо-

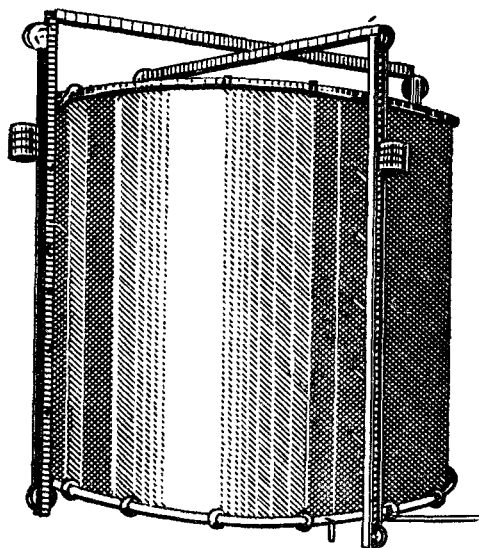


Рис. 174. Автоматический газгольдер.

ждать от газа, особенно в жаркое и сухое время года; утром, при минимальных температурах, не допускать выхода газа без внутреннего давления. При освобождении оболочки на такелаж следует подвешивать мешки с балластом и по выходе 30—40% газа оболочку осторожно закатывать. Это поддерживает давление внутри оболочки, уменьшает опасность образования гремучей смеси и уменьшает возможность излишнего трения материи оболочки. При освобождении оболочки никогда не следует

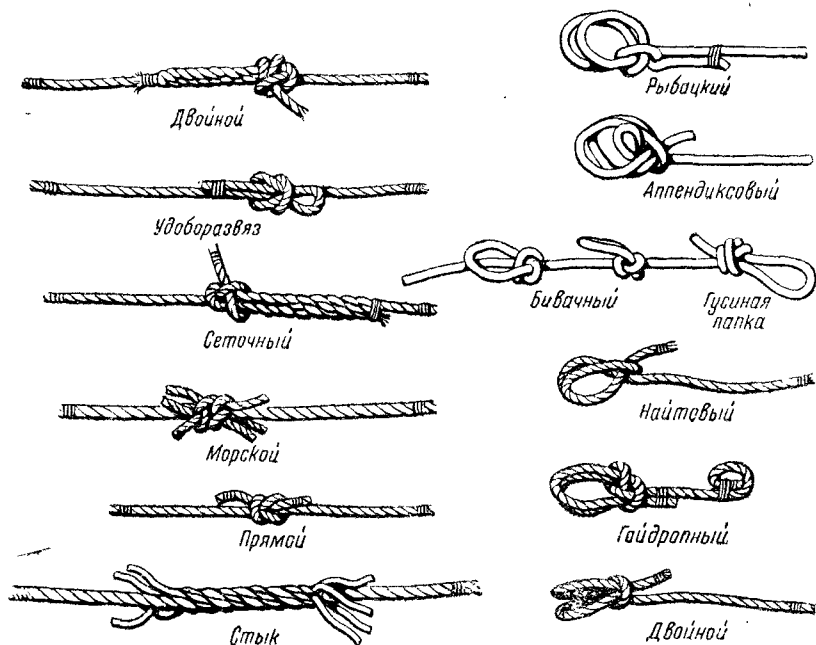


Рис. 175. Узлы, применяемые в воздухоплавании.

допускать одновременного открытия двух отверстий, например аппендикса и клапанного.

Все, что было сказано об осмотре и подготовке оболочек привязных аэростатов, относится и к оболочкам сферических аэростатов.

Понятно, что последние наполняются газом (из баллонов и других оболочек) только для одного полета, по окончании которого газ выпускается из аэростатов при посадке посредством вскрытия разрывного приспособления.

Эксплуатация дирижаблей всех систем усложнена тем, что появляется много агрегатов, часто не имеющих у привязных аэростатов, например моторы, металлические гондолы, носовое усиление, металлический киль или каркас и т. п.

Но тем не менее для каждого дирижабля в любых условиях эксплуатации остаются обязательными все мероприятия, о которых говорилось в отношении аэростатов: постоянное поддер-

жание сверхдавления, проверка чистоты газа, подполнение им, тщательный уход за всеми деталями корабля, особенно если эксплуатация его происходит в полевых условиях.

Необходимо иметь в виду, что каждый дирижабль любой системы может произвести посадку на воду, для чего, кроме устройства его гондолы водонепроницаемой или на случай аварии отцепляемой, необходимо еще иметь дополнительное оборудование в виде специальных якорей, стабилизирующих мешков и т. п.

На рис. 175 приводятся наиболее часто встречающиеся в воздухоплавательной практике узлы.

Глава VIII

МАТЕРИАЛЫ, ИДУЩИЕ НА ПОСТРОЙКУ АЭРОСТАТОВ

30. Краткие сведения о сопротивлении материалов

Конструктор должен строить красиво, прочно и дешево. Прочность является одним из элементов безопасности; дешевизна — при наличии надежности и конструктивной простоты — указывает на правильный выбор материала, рационализацию и грамотный расчет. В воздушном деле приходится обращать особенное внимание на выбор материалов для постройки самолетов и воздухоплавательных аппаратов; кроме выбора высококачественных материалов, основным требованием являются легкость конструкции и длительный срок службы.

Летательные аппараты — самолеты, аэростаты, дирижабли — во время эксплуатации находятся в весьма разнообразных силовых и физических условиях.

Материалы, из которых построены летательные аппараты, подвергаясь действию различных сил, возникающих в процессе эксплуатации, подвергаются еще и воздействию света, дождя, снега и переменным температурам. Все это заставляет выбирать материалы с таким расчетом, чтобы они сохраняли свою надежность и после определенного периода своей работы, хотя бы в некоторых случаях и наблюдалось понижение их первоначальных свойств.

Наиболее применяемые в летательных аппаратах материалы: металлы, дерево, текстильные материалы, резина. Если металлы и дерево изучены довольно подробно и проверены на самых разнообразных сооружениях, то с инженерно-строительной точки зрения этого нельзя сказать про текстильные материалы и резину; тем не менее эти материалы одинаково ответственны в летательных аппаратах, а в аэростатах и дирижаблях имеют исключительное значение.

Внешние силы, действующие на тело, в зависимости от характера их приложения вызывают растяжение тела, его сжатие, сдвиг, кручение и изгиб. В настоящей работе имеет наибольшее

значение растяжение, поэтому и рассмотрим его наиболее подробно; что же касается остальных явлений, то в отношении их ограничимся лишь краткими примерами.

Растяжение. Если брусок (рис. 176) растягивается внешними силами P , то под влиянием этих сил, или растягивающих усилий, брусок будет изменять свою длину — деформироваться — и приобретет какую-то новую длину, большую первоначальной.

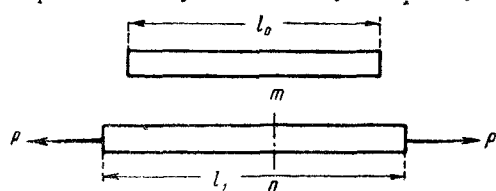


Рис. 176.

Обозначим первоначальную длину бруска через l_0 , новую длину — через l_1 , тогда разность $l_1 - l_0$ называют удлинением бруска и обозначают через λ , т. е. $l_1 - l_0 = \lambda$.

Под влиянием растягивающих усилий брусок испытывает напряженное состояние, внутри материала бруска возникают внутренние силы, которые сопротивляются растяжению, стремятся придать бруску первоначальную длину.

Рассечем мысленно брусок в любом поперечном сечении; по произведенному сечению мы должны приложить внутренние силы p , которые распределены равномерно, в сумме равны правому или левому растягивающему усилию бруска и противоположно ему направлены.

На схеме (рис. 177) изображено напряженное состояние бруска в любом поперечном сечении, где внутренние силы стремятся придать бруску первоначальную длину. Если удалить растягивающие усилия, то брусок может принять первоначальную длину.

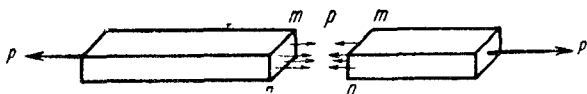


Рис. 177.

Растягивающие усилия P принято измерять в кг. Обозначим площадь поперечного сечения бруска через F , которое измеряется или в см^2 или в мм^2 ; тогда величину внутреннего усилия, вызываемого растягивающими силами P , приходящегося на единицу площади поперечного сечения бруска, найдем из выражения:

$$p = \frac{P}{F}.$$

Величину p называют напряжением, и она измеряется в кг/см^2 или в кг/мм^2 .

Пример. Найти напряжение в железном бруске шириной 100 мм и толщиной 50 мм, если брусок подвержен растягивающему усилию $P = 20$ т.

Имеем

$$F = 50 \cdot 100 = 5000 \text{ мм}^2,$$

$$P = 20 \text{ т} = 20000 \text{ кг},$$

напряжение

$$p = \frac{P}{F} = \frac{20000}{5000} = 4 \text{ кг/мм}^2.$$

Пример. Люстра, подвешенная к потолку на железной штанге диаметром 20 мм, весит 942 кг. Найти напряжение, вызываемое в штанге весом люстры.

Имеем

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 400}{4} = 314 \text{ мм}^2,$$

напряжение

$$p = \frac{P}{F} = \frac{942}{314} = 3 \text{ кг/мм}^2.$$

Пример. По законам безопасности на железную штангу надо подвесить груз весом 1600 кг, но так, чтобы на 1 мм² не приходилось более 8 кг. Найти диаметр круглой штанги.

Площадь поперечного сечения круглой штанги равна:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 d^2}{4} = 0,785 d^2.$$

Для безопасного подвешивания груза надо иметь:

$$\frac{1600}{8} = 200 \text{ мм}^2,$$

откуда диаметр штанги равен $0,785 d^2 = 200$:

$$d = \sqrt{\frac{200}{0,785}} \approx 15,8 \text{ мм} \neq 16 \text{ мм}.$$

Пример. На резиновый шнур сплошного сечения растягивающейся системы аэростата полагается рабочая нагрузка не более 3 кг. Какой должен быть диаметр круглого резинового шнура, если на 1 мм² резины полагается нагрузка не более 170 г?

$$\text{Площадь сечения } \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 d^2.$$

Необходимое число мм²— $3000 : 170 = 18$.

Диаметр определится из $0,785 d^2 = 18$, откуда

$$d = \sqrt{\frac{18}{0,785}} \approx 5 \text{ мм}.$$

В этом решении диаметр округлен.

В тех случаях, когда в материале, подвергающемся растяжению, нет ярко выраженного поперечного сечения, как например в воздухоплавательных тканях (перкали), напряжение измеряется не в килограммах на квадратный миллиметр или квадратный сантиметр, а в килограммах на ширину полоски или, как чаще делают, в килограммах на ширину 1 м. Так как материал шириной 1 м не поместится ни в какую испытательную машину, то при опытах на растяжение тканей берут полоску шириной 5 или 10 см. Разрывное усилие, которое приходится на такую полоску, или вообще усилие, которое может и не довести полоску до

разрыва, умножается на 20 или на 10, в зависимости от ширины полосы, и получают величину, которая обозначается термином *напряжение*, но с наименованием в килограммах на метр.

Пример. Какое напряжение испытывает хлопчатобумажная ткань из египетского хлопка, если усилие на полосу шириной 5 см равно 11 кг?

Напряжение в кг/м будет равно:

$$11 \cdot 20 = 220 \text{ кг/м.}$$

Временное сопротивление. При испытаниях различных материалов, чтобы узнать их качество, часто доводят материалы до разрушения. Существует какой-то предел, когда испытываемый материал не выдерживает приложенных к нему нагрузок: ломается, рвется и т. п. Величина нагрузки, приложенная к единице площади поперечного сечения и разрушающая материал, называется **временным сопротивлением** и измеряется в кг/см² или в кг/мм².

Пример. Железная штанга диаметром 2,5 см разорвалась при нагрузке, равной 20 т. Найти временное сопротивление этого железа.

Площадь поперечного сечения штанги:

$$\frac{\pi d^2}{4} = 0,785 d^2 \approx 4,8 \text{ см}^2.$$

Временное сопротивление будет равно:

$$20\,000 : 4,8 = 4\,150 \text{ кг/см}^2, \text{ или } 41,5 \text{ кг/мм}^2.$$

Пример. Полоска хлопчатобумажной ткани шириной 5 см разорвалась при ее растяжении усилием в 26 кг. Найти временное сопротивление этой ткани.

Временное сопротивление в этом случае не будет иметь размерности, как для сплошного сечения, т. е. в килограммах на единицу площади поперечного сечения. Здесь временное сопротивление должно быть определено в килограммах на ширину 1 м. Отсюда временное сопротивление ткани будет равно:

$$26 \cdot 20 = 520 \text{ кг/м.}$$

Баллонная материя, которая в большинстве случаев делается из хлопчатобумажной ткани, испытывается по тому же методу, как и сама ткань. Поэтому термин «временное сопротивление» для баллонных материй имеет ту же размерность, как и для хлопчатобумажной ткани, т. е. в кг/м.

Закон Гука. Усилие, которое прилагается к телу, всегда вызывает изменение его формы. Это изменение в зависимости от структуры материала (резина, стекло) может быть или очень значительным, или ничтожным. В явлениях растяжения это изменение формы (деформация) или удлинение хорошо изучены на телах, поперечные размеры которых малы по отношению к длине

(стержни, полосы). Английский ученый Гук нашел зависимость между удлинениями и усилиями, прилагаемыми к телу. Эта зависимость выражена следующей формулой:

$$\lambda = \frac{Pl}{FE},$$

где λ — удлинение в мм или в см;

l — длина испытуемого тела в мм или см;

P — усилие в кг;

E — модуль упругости материала, значение которого сейчас рассмотрим;

F — площадь поперечного сечения в см².

При растягивании стержней из различных материалов (железо, алюминий, дерево, резина) каждый из них растягивается по-разному. Чтобы иметь возможность сравнивать деформации (удлинения), надо приготовить из железа, дуба, резины несколько стержней длиной 1 м с площадью поперечного сечения в 1 см².

Допустим, что мы будем растягивать стержни так, чтобы длина их увеличилась вдвое. Практически это возможно только для резины, а для железа и дуба это совершенно невозможно. Но допустим это мысленно и будем решать задачу: какие надо приложить растягивающие усилия к стержням с площадью поперечного сечения в 1 см², чтобы увеличить их длину вдвое, т. е. из 1 м сделать 2 м. Найдено, что в этом случае к железному стержню потребовалось бы приложить растягивающие усилия в 2 000 000 кг, к дубовому стержню — 100 000 кг, к резиновому стержню — 10 кг. Эти цифры ярко характеризуют качество взятого материала, его структуру и эластичные свойства. Подобные цифры найдены для многих материалов и носят название модуля упругости, который измеряется в кг/см² или в кг/мм² и обозначает то растягивающее усилие, которое надо приложить к стержню площадью поперечного сечения в 1 см² или в 1 мм², чтобы увеличить длину этого стержня вдвое.

Модуль упругости для некоторых материалов следующий:

Таблица 20

Наименование материалов	E в кг/см ²
Сварочное железо	2 000 000
Сталь	2 200 000
Алюминий тянутый	756 000
Медь тянутая	1 200 000
Дуб, вдоль волокон	108 000
Сосна, вдоль волокон	92 000
Каучук	10

На основании закона Гука можно решать ряд практических задач.

Пример. Круглая железная штанга с поперечным сечением в 2 см² растягивается силами в 1 т. Найти увеличение длины штанги, если ее длина 2 м.

По закону Гука, имеем: $\lambda = \frac{Pl}{FE}$; $P = 1000 \text{ кг}$; $l = 200 \text{ см}$;
 $F = 2 \text{ см}^2$; E (из справочника) $= 2\,000\,000 \text{ кг/см}^2$;

$$\lambda = \frac{1000 \cdot 200}{2 \cdot 2\,000\,000} = 0,05 \text{ см, или на } 0,5 \text{ мм.}$$

Стержни из различных материалов, будучи нагружены растягивающими усилиями, увеличивают свою длину. Если нагрузку отнять, то стержень опять возвращается к своей первоначальной длине. Но многочисленные опыты показали, что нельзя переходить определенный предел нагрузки, особый для каждого материала. Если нагрузка на стержень для данного материала не превысила этого предела, то после снятия нагрузки стержень вернется к своей первоначальной длине. Если же нагрузка вышла за эти пределы, то после снятия ее стержень не вернется к своей первоначальной длине, а приобретает новую, больше прежней длину. Разность между первоначальной и новой длиной называется остаточным удлинением.

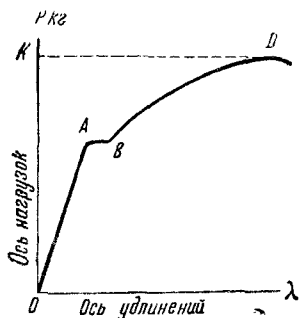


Рис. 178.

В строительном деле обычно избегают напрягать материал до степени остаточного удлинения, рассчитывая сооружения так, чтобы под влиянием нагрузок материал деформировался по определенному закону и после снятия их возвращался к исходной форме, т. е. чтобы материал всегда обладал упругими свойствами.

Значение напряжений p , при которых заметны отклонения от закона Гука, называются пределом пропорциональности, который измеряется в кг/см^2 или в кг/мм^2 . Выше предела пропорциональности напрягать материал не следует.

Зависимость между деформациями и растягивающими силами часто изображают графически. По оси абсцисс, или оси X-ов, откладываем удлинения λ , а по оси ординат, или оси Y-ов, откладываем нагрузки P (в кг/см^2 или кг/мм^2), приходящиеся на стержень (рис. 178). Каждому значению растягивающей силы соответствует свое удлинение. Обозначая это соответствие на диаграмме точками А, В, D и соединяя эти точки линией, получим диаграмму растяжения. Точке А на диаграмме соответствует предел пропорциональности. Отрезок ОА представляет прямую линию. Если растягивающие силы не превосходят значения, соответствующего точке А диаграммы, то после их удаления длина растягиваемого стержня делается прежней, т. е. не будет остаточного удлинения.

Если растягивать стержень силами больше предела пропорциональности, то характер диаграммы меняется. Вскоре за точкой А образуется ступенька АВ, почти параллельная оси удлинений. Это показывает, что материал растягивается без увеличения нагрузки; далее вновь наблюдается возрастание сопротивления растяже-

нию, выраженное восходящей ветвью диаграммы BD . Точке D соответствует величина нагрузки в $кг/см^2$ или $кг/мм^2$, которая приводит материал к разрушению, — это и будет временное сопротивление материала.

Часто удлинения дают не в абсолютных значениях λ , а в относительных величинах. Если величину удлинения λ разделить на первоначальную длину стержня l_0 , то получим $\frac{\lambda}{l_0} = e$, где e называют относительным удлинением. Для удобства относительное удлинение выражают в процентах, для этого надо величину e умножить на 100. Таким образом, относительное удлинение в процентах будет:

$$\frac{l_1 - l_0}{l_0} 100 \text{ или } \frac{\lambda}{l_0} 100.$$

Пример. Стержень длиной 2 м при растяжении получил удлинение в 5 см. Выразить это удлинение в процентах.

Имеем $l_0 = 2 \text{ м} = 200 \text{ см}$; $\lambda = 5 \text{ см}$.

Значит, относительное удлинение в процентах будет:

$$\frac{5}{200} \cdot 100 = 2,5\%.$$

Формулу закона Гука можно применять только до тех пор, пока напряжения в материале не вышли за предел пропорциональности.

По закону Гука,

$$\lambda = \frac{P \cdot l_0}{F \cdot E} = \frac{P}{F} \cdot \frac{l_0}{E}.$$

Но

$$\frac{P}{F} = p,$$

поэтому

$$\lambda = p \frac{l_0}{E},$$

или

$$\frac{\lambda}{l_0} = p \frac{1}{E}.$$

Так как

$$\frac{\lambda}{l_0} = e,$$

то

$$e = p \frac{1}{E}, \text{ или } p = E \cdot e.$$

Если построить диаграмму растяжения данного материала, где по оси ординат отложены напряжения p в $кг/см^2$ или в $кг/мм^2$, а по оси абсцисс — относительные удлинения e (рис. 179), то из формулы $p = E \cdot e$ будем иметь:

$$E = \frac{p}{e},$$

т. е. в пределах применимости закона Гука E — число постоянное и есть не что иное, как тангенс угла наклона прямого

участка диаграммы OA к оси удлинений. Это ясно из $\triangle OAC$ или $\triangle OKM$ или любых других подобных треугольников, вершины которых лежали бы на прямой OA .

Если стержень поперечным сечением в 1 см^2 или в 1 мм^2 под влиянием растягивающих сил увеличился в длину в два раза, то необходимо, чтобы $\lambda = l_0$ и $\frac{\lambda}{l_0} = e = 1$, тогда формула $p = E \cdot e$ выразится так: $p = E$, т. е. модуль упругости E есть напряжение, которое заставляет данный стержень увеличивать свою длину вдвое.

Коэффициент безопасности. Материалы, которые идут на постройку различных объектов, испытывают более или менее значительные напряжения; кроме того, эти материалы могут находиться в различных переменных температурных условиях и иметь разную длительность и величину нагрузок. Все это отражается на сроках службы материалов и на безопасности эксплуатируемого объекта или сооружения. При выборе предельных нагрузок надо хорошо знать свойства данного материала и условия его эксплуатации. Прежде всего не следует допускать возникновения в материале остаточных деформаций и выходить за пределы пропорциональности для данного материала и в то же время нужно учитывать длительность нагрузок и ожидаемый срок

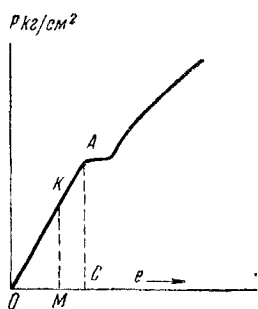


Рис. 179.

службы. Все это говорит за то, что предельные рабочие нагрузки или допускаемые напряжения должны быть значительно меньше предела пропорциональности, что и наблюдается в большинстве случаев.

Обозначим через K временное сопротивление данного материала, через R — допускаемое напряжение, тогда:

$$R = \frac{K}{n},$$

где n — коэффициент безопасности. Для разных материалов этот коэффициент различен: для железа $n = 4-6$; для дерева $8-10$; для баллонных материй $4-6$, а в некоторых случаях $10-15$.

Нормы допускаемых напряжений для различных материалов даны в специальных справочниках, но их можно найти и по вышеприведенной формуле, если известно временное сопротивление материала и выбран коэффициент безопасности. Если коэффициент будет слишком большим, то сооружение получается прочным, но тяжелым и неэкономичным; если же коэффициент будет слишком малым, то это может грозить безопасности сооружения. В этом случае существуют нормы, основанные на практике.

Зная предельное напряжение R , легко решить ряд задач по определению допускаемых нагрузок или необходимой площади поперечного сечения.

Допустим, что площадь поперечного сечения растягиваемого стержня F известна, допускаемое напряжение R дано и надо найти, какое должно быть безопасное растягивающее усилие P . Очевидно, $P = FR$.

Когда задано растягивающее усилие или нагрузка P и допускаемое напряжение R дано, то легко определить необходимую безопасную площадь стержня. Очевидно, $F = \frac{P}{R}$.

Пример. Допускаемое напряжение для железа 10 кг/мм^2 . Какое поперечное сечение должен иметь железный стержень, если к нему подвесить груз в 2 т ?

Дано $R = 10 \text{ кг/мм}^2$; $P = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг}$; $F = \frac{P}{R} = \frac{2000}{10} = 200 \text{ мм}^2$.

Пример. Допускаемое напряжение для дубового бруска при растяжении $R = 80 \text{ кг/см}^2$. Этот брусок имеет площадь поперечного сечения $F = 20 \text{ см}^2$. Какие наибольшие безопасные растягивающие усилия можно допустить для этого бруска.

$$P = F \cdot R,$$

т. е.

$$P = 20 \cdot 80 = 1600 \text{ кг}.$$

Поперечное сечение бруска может быть квадратным или прямоугольным, — важно, чтобы площадь поперечного сечения была не меньше 20 см^2 .

Растяжение материалов, мало следующих закону Гука. Есть материалы, которые обладают весьма низким пределом пропорциональности. При небольших напряжениях в них уже заметны отклонения от закона Гука, например чугун, ремень и другие. Диаграммы растяжений этих материалов обычно изображены кривыми линиями, для которых часто дают аналитическое выражение по закону степенной функции:

$$e = \alpha p^m,$$

где e — относительное удлинение;

p — напряжение;

α — коэффициент, определенный из опыта;

m — показатель степени.

При $m = 1$ формула дает закон Гука, а α есть величина, обратная модулю упругости;

при $m > 1$ кривая направлена выпуклостью вверх (растяжение чугуна);

при $m < 1$ кривая направлена выпуклостью вниз.

Тимошенко¹ приводит опыты Вача:

$$e = \frac{1}{1338000} p^{1,033} \text{ при растяжении чугуна;}$$

$$e = \frac{1}{415} p^{0,7} \text{ при растяжении ремня.}$$

¹ Автор известного курса сопротивления материалов.

Диаграммы растяжений для тканей и баллонных материй. Все данные диаграммы растяжений, общие формулы, относятся к наиболее изученным и наиболее распространенным материалам, применяемым в строительном деле. Несколько иначе обстоит дело с основными материалами, применяемыми в воздухоплавании, а главным образом с оболочками воздушных кораблей. Здесь мы прежде всего встречаемся с неприменимостью закона Гука, так как работа оболочек имеет различные напряжения одновременно в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, с резким изменением физико-механических свойств. Кроме того, исследовательские данные о качестве воздухоплавательных материалов чрезвычайно скудны.

Выше мы разбирали растяжение металлических и деревянных стержней или брусков. Рассматривая растяжение тканей или оболочек воздухоплавательных кораблей (баллонных материй), мы вместо стержней или брусков будем изучать растяжение полосок шириной 5 или 10 см и к ним, так же как к стержням или брускам, будем прилагать растягивающие силы. Опыт испытания текстильных материалов применен и в испытании воздухоплавательных тканей и оболочек (баллонных материй); этот метод испытания сохранен в воздухоплавании как первичный способ, главным образом при приемке материалов, и ни в коем случае не может быть применен в механических расчетах оболочек.

При испытании текстильных материалов принято полоску шириной 5 см доводить при растяжении до разрушения, отмечая при этом разрушающие усилия на полоску в кг и относительное удлинение в момент разрыва в процентах.

Для полноты исследования мало знать только конечную деформацию, надо иметь картину изменения удлинений за все время нарастания нагрузок. Современные испытательные машины для тканей снабжены специальным самописцем, который записывает изменение удлинений в виде кривой.

В диаграммах растяжения для металлов, дерева и других материалов напряжения откладывались обычно по оси Y-ов, а удлинения — по оси X-ов. При испытании текстильных материалов принято ось удлинений считать за ординату, а ось напряжений — за абсциссу; это правило сохранено при испытании воздухоплавательных тканей и баллонных материй (оболочек).

Далее, поскольку нами введено напряжение для тканей с размерностью в кг/м, будем рассматривать не возрастающие усилия на полоску, доводящие ее до разрыва, а напряжения, отнесенные к полоске шириной 1 м; разрушающее же усилие будет временным сопротивлением такой ткани. Если полоска будет шириной 5 см, то для пересчета на напряжения надо любое промежуточное возрастающее усилие умножить на 20.

Рассмотрим диаграмму растяжения хлопчатобумажной ткани из высокосортного хлопка.

По оси абсцисс (рис. 180) будем откладывать напряжения на ткань в кг/м, по оси ординат — относительные удлинения ткани в процентах. Каждому значению напряжения будет соответство-

вать свое удлинение. Зависимость между напряжениями и деформациями изобразится кривыми диаграммы.

Ряд исследований над деформациями ткани показал, что последние хорошо подчиняются закону степенной функции в пределах от $y = 0,3 x^{0,5}$ до $y = 0,5 x^{0,5}$, здесь y дано как относительное удлинение в процентах, а x — как напряжение в кг/м.

Точки A и B кривых диаграммы соответствуют моменту разрушения материала. Проекции их на ось абсцисс указывают на временное сопротивление в кг/м; в данном примере для точки A оно будет 600 кг/м, для точки B — 575 кг/м.

Проекции точек A и B на ось ординат указывают на относительное удлинение в процентах в момент разрыва. В данном примере для точки A оно будет 7,6%, а для точки B — 12,25%.

Приведенные уравнения степенной функции относятся к новым тканям. Если подобная ткань была в воздухоплавательной эксплуатации и подвергалась рабочим напряжениям во всех направлениях до $\frac{1}{4}$ временного сопротивления, то диаграмма растяжения этой же ткани будет иная. Лабораторными исследованиями найдено, что при растяжении такой ткани зависимость между деформациями и напряжениями определяется следующей формулой:

$$y = 0,8x^{0,25}$$

Для сравнения с новым материалом эта кривая нанесена на диаграмму (рис. 180). Опыты и практика показали, что если новая хлопчатобумажная ткань подчинена законам, определенным приведенными выше уравнениями, и после нормальной эксплуатации диаграмма растяжения определяется кривой $y = 0,8 x^{0,25}$ или близкой к ней, то эксплуатация такой ткани с точки зрения механических качеств возможна и в дальнейшем.

Напряжение в стенках шарообразных и цилиндрических сосудов.

Если шар или цилиндр подвергаются давлению изнутри, то и стенки их испытывают растяжение, а материал будет испытывать какое-то напряжение, зависящее от величины внутреннего давления. В сопротивлении материалов выведены формулы, дающие зависимость между напряжениями, интенсивностью давления, радиусами кривизны и толщиной стенок сосудов.

Обозначим:

a — толщина стенок сосудов;

q — давление на единицу поверхности стенки;

r — радиус шара или основания цилиндра;

p — напряжение в стенках сосуда.

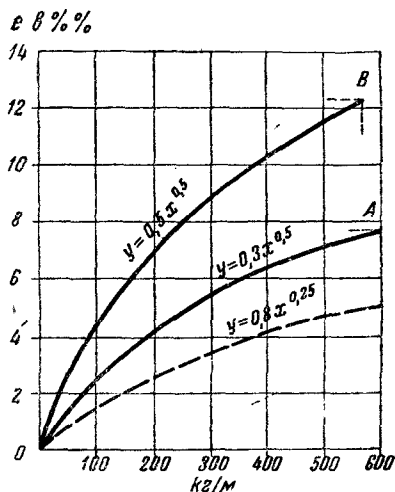


Рис. 180.

Тогда для шара будем иметь следующую формулу:

$$p = \frac{r \cdot q}{2a}.$$

По этой формуле можно рассчитать толщину стенки шара.

Пример. Железный шар подвергается давлению изнутри в 5 атм. Допускаемое напряжение для железа — 10 кг/мм². Диаметр шара — 1,6 м. Найти толщину стенок.

Имеем: $q = 5 \text{ атм} = 5 \text{ кг/см}^2 = 0,05 \text{ кг/мм}^2$;

$$r = \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ м} = 800 \text{ мм}; \quad p = 10 \text{ кг/мм}^2.$$

По формуле $p = \frac{rq}{2a}$ имеем:

$$a = \frac{rq}{2p} = \frac{800 \cdot 0,05}{2 \cdot 10} = 2 \text{ мм}.$$

Для определения напряжений в стенках цилиндра в сопротивлении материалов дается формула напряжения, возникающего в стенках цилиндра параллельно оси цилиндра:

$$p = \frac{rq}{2a},$$

т. е. формула аналогична формуле для определения напряжений в шаре.

Для напряжений, действующих в стенках цилиндра перпендикулярно образующей цилиндра, т. е. перпендикулярно первым напряжениям, дается другая формула:

$$p = \frac{rq}{a},$$

т. е. эти напряжения вдвое больше первых.

Пример. Стальной баллон наполнен водородом до давления в 160 атм; толщина стенок баллона — 8 мм, диаметр баллона — 20 см. Найти приблизительно напряжения в стенках цилиндра по среднему диаметру, не принимая во внимание внутреннего и наружного диаметров баллона.

Имеем: $a = 8 \text{ мм}$; $q = 160 \text{ атм} = 160 \text{ кг/см}^2 = 1,6 \text{ кг/мм}^2$;

$$r = \frac{d}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ см} = 100 \text{ мм}.$$

Напряжения в стенках вдоль оси баллона будут:

$$p = \frac{rq}{2a} = \frac{100 \cdot 1,6}{2 \cdot 8} = 10 \text{ кг/мм}^2.$$

Напряжения в стенках, перпендикулярные им:

$$p = \frac{rq}{a} = \frac{100 \cdot 1,6}{8} = 20 \text{ кг/мм}^2,$$

т. е. вдвое больше первых.

В воздухоплавании для определения напряжений в матерчатых оболочках применяются аналогичные формулы, но поскольку расчет напряжений производится не на единицу площади, а на единицу длины и давление заменено сверхдавлением, измеряемым в мм вод. ст., то формулы имеют следующий вид:

для шара:

$$p \text{ кг/м} = \frac{KD}{4};$$

для цилиндра:

$$p \text{ кг/м} = \frac{KD}{4} \text{ для напряжений вдоль образующей цилиндра;}$$

$$p \text{ кг/м} = \frac{KD}{2} \text{ для напряжений в оболочке, перпендикулярных продольным,}$$

где p — напряжение в оболочке в кг/м;

K — сверхдавление в мм вод. ст.;

D — диаметр шара или цилиндра в м.

Пример. Сферический аэростат объемом 900 м³ наполнен воздухом при завязанном аппендиксе так, что создалось сверхдавление в 40 мм вод. ст. Определить, какой коэффициент безопасности имеет в данный момент оболочка, если временное сопротивление баллонной материи 600 кг/м.

Решение. Диаметр такого сферического аэростата определится из уравнения:

$$900 = \frac{1}{6} \pi \cdot D^3,$$

откуда

$$D = \sqrt[3]{\frac{900 \cdot 6}{3,14}} \approx 12 \text{ м.}$$

Поскольку оболочка наполнена воздухом, то всюду будем иметь сверхдавление 40 мм вод. ст.; напряжение баллонной материи оболочки определим из формулы:

$$p \text{ кг/м} = \frac{KD}{4},$$

где $K = 40$; $D = 12$, т. е.

$$p \text{ кг/м} = \frac{40 \cdot 12}{4} = 120 \text{ кг/м.}$$

Коэффициент безопасности определится как частное от деления величины временного сопротивления на величину найденного напряжения, т. е. коэффициент безопасности в данном случае будет:

$$n = \frac{600}{120} = 5.$$

Если такую оболочку наполнить водородом и открыть аппендикс, то сверхдавление в оболочке у открытого аппендикса будет равно нулю, а следовательно, и напряжение в материи будет равно нулю. Далее с каждым метром вверх по диаметру

сверхдавление будет увеличиваться на 1 мм вод. ст., и в рассматриваемой оболочке, имеющей диаметр 12 м, сверхдавление у клапана будет 12 мм вод. ст., тогда напряжение в верхней части оболочки будет:

$$p \text{ кг/м} = \frac{12 \cdot 12}{4} = 36 \text{ кг/м},$$

а коэффициент безопасности будет:

$$n = \frac{600}{36} \approx 16,9.$$

Пример. Найти напряжение в баллонной материи цилиндрического газгольдера, наполненного воздухом, если сверхдавление в нем 50 мм вод. ст., а диаметр равен 3,6 м.

Решение. Материя газгольдера будет иметь два напряжения: в направлении, параллельном оси цилиндра, и в направлении перпендикулярном. В первом случае напряжение определится по формуле:

$$p \text{ кг/м} = \frac{KD}{4},$$

где для нашего примера будет:

$$p \text{ кг/м} = \frac{50 \cdot 3,6}{4} = 45 \text{ кг/м}.$$

Для второго случая имеем напряжение:

$$p \text{ кг/м} = \frac{KD}{2}, \text{ т. е. } p \text{ кг/м} = \frac{50 \cdot 3,6}{2} = 90 \text{ кг/м},$$

или вдвое больше.

Зная временное сопротивление баллонной материи газгольдера, легко определить коэффициент безопасности.

Машины для испытания материалов на растяжение. Для определения растяжения материалов существуют машины самых разнообразных типов и мощностей. В основном эти машины конструируются так, чтобы можно было в два зажима плотно укрепить образец испытуемого материала какой-нибудь определенной длины. Далее зажимам сообщаются растягивающие усилия (обычно через нижний зажим), и эти усилия равномерно передаются на испытуемый образец, в котором возникают растягивающие напряжения. Для металлов образцы обычно имеют в поперечном сечении круглую или прямоугольную форму, для тканей же и баллонных материй они изготавливаются в виде полосок. Образцы доводятся до разрыва, причем в каждый момент испытания на соответствующем указателе машины можно прочесть усилие, которое испытывает образец. Машины сконструированы так, что в любой момент растяжения образцов можно учесть и значения их удлинений, так как большинство машин снабжено самописцами (диаграммными аппаратами), которые автоматически в виде кривой записывают зависимость удлинения от на-

тяжений. Из разнообразных типов испытательных машин на растяжение приведем лишь один, которым наиболее часто пользуются при испытании тканей, баллонных материй и такелажа.

Для определения разрывного усилия в полоске ткани или баллонной материи служит специально сконструированная разрывная машина. Основным типом такой машины является машина «Шопер», краткое описание которой приводим здесь. На рис. 181 показана схема машины, в которой различаются следующие главные части: станина *A*, верхний зажим *B*, нижний зажим *C*, шкала с тремя масштабами φ , линейка для определения приращения удлинений *K*, диаграммный аппарат *M*, электромотор с приводным ремнем *I*, ручной привод *E*, рычаг *L*.

Перед испытанием полоска материи зажимается в верхний зажим *B* таким образом, чтобы верхний конец ее немного выходил из зажима; далее полоска протаскивается через нижний зажим *C*, сначала не укрепляемый; нижний конец образца по выходе из зажима *C* пропускается под валик, укрепленный снизу зажима *C*, а на другой конец образца навешивается заранее установленный постоянный груз (200—250—500 г), и образец получает некоторое предварительное натяжение. Затем образец центруется, т. е. устанавливается в вертикальной плоскости без перекосов, для чего служат деления, нанесенные на зажимах *B* и *C*, по которым образец устанавливается

так, чтобы деления, ограничивающие края образца, были одинаковы. После установки укрепляют нижний зажим и снимают добавочный грузик. Рычаг *L* перед началом испытаний должен быть установлен на исходное положение, т. е. его стрелку нужно установить против нулевого значения шкалы. На машине, показанной на рис. 181, шкала φ имеет три масштаба: верхний — на 300 кг с ценою деления 0,5 кг; средний — на 900 кг с ценою деления 1 кг; нижний — на 1 500 кг с ценою деления 2 кг. Для работы на верхней шкале рычаг *L* необходимо освободить от всех добавочных грузов; для работы по средней шкале на рычаг *L* навешивают верхний груз; для работы по нижней шкале на рычаг *L* добавляю еще нижний груз.

Машину приводят в действие электромотором или ручным приводом *E*, для чего рычаг *L* предварительно устанавливают на соответствующую отметку. Затем зажим *C* опускается вниз вместе со шпинделем машины *D*, а рычаг *L* начинает движение вдоль дугοобразной шкалы φ . В момент разрыва образца рычаг *L*

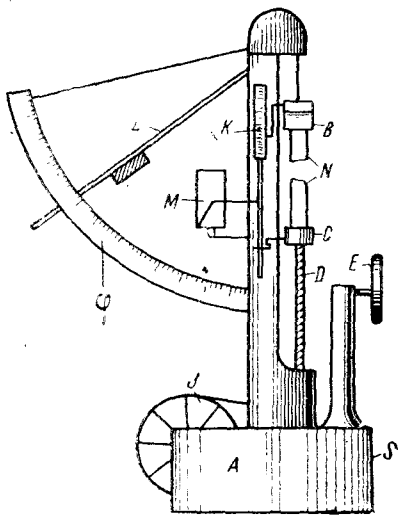


Рис. 181. Схема испытательной машины «Шопер».

останавливается, а его стрелка указывает на соответствующей шкале разрывное усилие испытуемого образца в кг.

При выборе полоски образца шириной 50 мм разрывное усилие для нее, определенное на машине в кг, надо умножить на 20, чтобы получить значение временного сопротивления баллонной материи или ткани в кг/м. Вообще же при выборе какой-либо другой ширины образца, например в n мм, временное сопротивление в кг/м определяется умножением величины разрывного усилия образца, выраженного в кг, на частное от $\frac{1000}{n}$.

Сжатие. Если к металлическому стержню или бруску, деревянному или бетонному кубику, чугуна прилагать не растягивающие усилия, а наоборот, усилия, действующие в обратные стороны, т. е. сжимающие, то будет происходить не растяжение, а укорочение испытуемого образца. Многочисленные исследования показали, что пока напряжения при сжатии, т. е. $P = \frac{P}{F}$, не перешли значений предела пропорциональности, установленных при растяжении, укорочения при сжатии будут точно следовать закону Гука.

Для стали и железа этот закон совершенно точен; для бронзы и чугуна его можно применять только приблизительно. В этих случаях модуль упругости E не отличается от такового при растяжении, а относительное укорочение будет, очевидно, выражаться формулой:

$$\frac{l_0 - l_1}{l_0},$$

где l_1 — укороченная длина бруска.

Если при растяжении мы не обращали внимания на длину растягиваемого образца, то при явлении сжатия длинные тела с относительно небольшой площадью поперечного сечения изгибаются (искривляются). Это явление носит название продольного изгиба, и с ним при расчетах в соотношении усилий приходится считаться по-иному, нежели при растяжении.

Для железа и стали временное сопротивление при сжатии почти такое же, как и при растяжении, но для чугуна и бронзы сопротивление сжатию лучше, чем растяжению. Дерево хуже сопротивляется сжатию, чем растяжению. Полоски тканей, балонных материй, веревки и стальные канаты совсем не сопротивляются сжатию.

В приведенной ниже табл. 21 даны примерные величины временного сопротивления и допускаемого при сжатии напряжения различных материалов и для сравнения величин временного сопротивления и допускаемого напряжения при растяжении.

Как видно из таблицы, при выборе материала для разных сооружений всегда надо учитывать, где имеют место растяжения или сжатия, и выбирать тот материал, который лучше сопротивляется соответствующим сжимающим или растягивающим усилиям.

Наименование материала	Временное сопротивление в кг/см^2		Допускаемые напряжения в кг/см^2 *	
	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие
Чугун	1 500	5 000—8 000	300—400	600—900
Сталь	4 400—6 500	4 000—6 000	1 200—1 600	800—1 500
Железо	3 500—4 000	3 000	850—1 000	600—900
Дуб, вдоль волокон	800—900	355	80—100	60—80
Сосна, вдоль волокон	600—700	245	60—80	40—50
Гравит	—	800—2 000	—	45—90
Кирпич	—	150—300	—	—
Строительный грунт	—	—	—	2,5—5

Выше упоминалось, что для длинных стержней (стоек), которые подвергаются сжимающим усилиям, необходимо избегать продольного изгиба (искривления), выпучивания. Для этой цели приведем простейшие коэффициенты, на которые надо умножать величины допускаемого напряжения при сжатии, при превышении в определенное количество раз длины стойки над поперечными размерами.

Превышение длины стойки над поперечными размерами	Коэффициент, на который надо умножить допускаемое при сжатии напряжение для получения надежного сопротивления
Дерево	
в 12 раз	$\frac{5}{6}$
„ 24 раза	$\frac{1}{2}$
„ 36 раз	$\frac{1}{3}$
„ 48 „	$\frac{1}{6}$
„ 60 „	$\frac{1}{12}$
Железо	
в 12 раз	$\frac{5}{8}$
„ 24 раза	$\frac{1}{2}$
Чугун	
в 4 раза	$\frac{2}{3}$
„ 8 раз	$\frac{1}{2}$
„ 36 „	$\frac{1}{15}$

Пример. Дубовая стойка имеет в диаметре 20 см, длина стойки 5 м. Какую можно допустить нагрузку на эту стойку?

Решение. Отношение длины к поперечным размерам будет: $\frac{5000}{200} = 25$; при этом превышении длины над поперечными размерами надо допускаемое напряжение при сжатии умножить на

коэффициент $1/2$. Допускаемое напряжение для дуба (из табл. 21) примем в 70 кг/см^2 , тогда будем иметь:

$$\frac{70 \cdot 1}{2} = 35 \text{ кг/см}^2.$$

Площадь стойки будет равна:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ см}^2,$$

тогда допускаемая безопасная нагрузка на всю стойку будет равна:

$$35 \cdot 314 = 10990 \text{ кг.}$$

Сдвиг, кручение и изгиб. Разберём только самые простые примеры этих явлений. Пусть мы имеем основную врубку, конструкция и размеры которой показаны на рис. 182 (1).

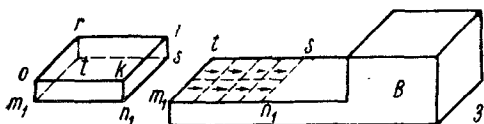
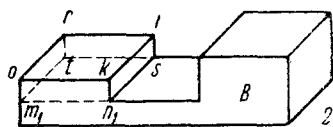
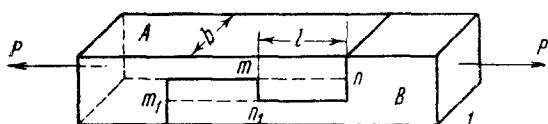


Рис. 182.

Если верхнюю часть врубки А снять, то останется ее часть В(2). На врубку действуют растягивающие усилия P в кг, под влиянием которых врубка находится в напряженном состоянии; если эти усилия велики, то часть врубки может сколоться (сдвинуться) по плоскостям m_1n_1 или m_1n_2 .

Допустим, что растягивающие усилия велики и врубка сколется по плоскости m_1n_1 , т. е., точнее, от части В сколется парал-

лелепид m_1n_1 stroki по плоскости m_1n_1st , как показано на рис. 182 (2 и 3); тогда на этой плоскости до момента разрушения врубки, под влиянием внешних растягивающих сил P , возникают напряжения, которые называются касательными напряжениями и действуют вдоль плоскости m_1n_1st . Касательные напряжения измеряют в кг/мм^2 или в кг/см^2 , в зависимости от того, в каких измерениях даны размеры врубки. Касательные напряжения будут наибольшими перед самым моментом разрушения врубки. Чтобы иметь представление о разрушающих и допускаемых сдвигающих (срезающих, скалывающих) напряжениях, приведена табл. 22.

Пример. Размеры врубки, указанные на рис. 182, следующие: $l=16 \text{ см}$, $b=8 \text{ см}$. Материал — сосна. Найти, при каких усилиях P врубка разрушится и при каких усилиях P врубка будет надежно сопротивляться.

Таблица 22

Наименование материала	Разрушающие напряжения в кг/см ²	Допускаемые напряжения в кг/см ²
Железо	3 200	500—250
Сталь	5 000	1 000—800
Чугун	2 000	220—160
Дуб, вдоль волокон	75	10—8
Сосна, вдоль волокон	40	8—4
„ поперек волокон	—	10

Решение. Усилие P , размеры врубки l и b , допускаемые напряжения при скалывании R_t связаны между собой следующей зависимостью: $\frac{P}{l \cdot b} \leq R_t$, т. е. частное от деления внешнего растягивающего усилия P на величину площади скалывания не должно быть больше допускаемого напряжения от скалывания, если мы имеем надежно работающую врубку.

При скалывающейся врубке усилие P можно определить из уравнения:

$$\frac{P}{lb} = R \text{ разрушающее.}$$

Найдем значения P в кг для случая разрушения и случая безопасной работы.

Имеем: $lb = 16 \cdot 8 = 128 \text{ см}^2$; R разрушающее для сосны из табл. 22 равно 40 кг/см^2 , тогда:

$$\frac{P}{lb} = R \text{ разрушающее, или } \frac{P}{128} = 40,$$

откуда

$$P = 128 \cdot 40 = 5\,120 \text{ кг.}$$

Для безопасности работы врубки имеем:

$$\frac{P}{lb} = R_t \text{ или } \frac{P}{128} = 6,$$

откуда

$$P = 128 \cdot 6 = 768 \text{ кг.}$$

По этой формуле можно решать и обратную задачу, если задано растягивающее усилие P , R_t взято из таблиц и один из размеров врубки задан или выбран.

Пример. Представим себе круглый стержень, неподвижно закрепленный одним концом в стену (рис. 183). На свободный конец стержня надет рычаг длиной l , на конце которого действует сила P . По законам механики, к любому телу можно приложить две равные силы, действующие в противоположные стороны, и состояние тела от этого не изменится. Приложим в центре свободного конца стержня две силы P_1 и P_2 , равные друг другу, направленные в разные стороны и в то же время параллельные и

равные силе P . Силы P и P_2 в данном случае составят пару сил, момент которой при плече l будет Pl , и сила P_1 будет сгибать брусок.

Момент $Pl = M$ называется скручивающим моментом и будет стремиться повернуть свободный конец стержня на какой-то угол по отношению к заделанному концу. Этот угол закручивания φ зависит от скручивающего момента M , длины стержня l , диаметра стержня d и упругих свойств материала K . Эта зависимость выражается следующей формулой:

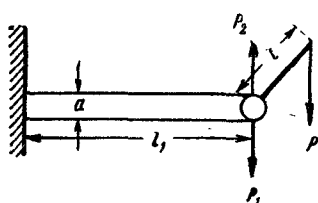


Рис. 183.

$$\text{угол закручивания } \varphi = K \frac{Ml_1}{d^4};$$

это показывает, что при увеличении диаметра угол закручивания быстро уменьшается, а при увеличении длины стержня — пропорционально увеличивается, причем он пропорционален моменту пары сил, пока последняя не превзошла определенного предела. Само явление называется в сопротивлении материалов *кручением*. При кручении элементы стержня испытывают «чистый сдвиг», и допускаемые при кручении напряжения берутся, как и для сдвига. Образующие стержня при кручении искривляются и поворачиваются в сторону скручивающего момента, а внутренние силы каждого сечения стержня уравнивают скручивающий момент Pl . Явления кручения встречаются в передаточных валах, трансмиссиях, в валах машин и т. п.

Расчет диаметров валов производится по следующей формуле:

$$d \approx \sqrt[3]{\frac{N}{n} \cdot \frac{36 \cdot 10^4}{R_t}},$$

где d — диаметр вала;

n — число об/мин. вала;

N — число л. с., передаваемых валом (мощность машины при этом будет $75 N$ кгм и $7500 N$ кгсм);

R_t — допускаемые касательные напряжения.

Пусть $n = 600$ об/мин.; $N = 60$; $R_t = 1000$ кг/см²; тогда:

$$d = \sqrt[3]{\frac{60}{600} \cdot \frac{36 \cdot 10000}{1000}} = 3,3 \text{ см.}$$

Пример. Деревянная балка 1, изображенная на рис. 184, одним концом заделана в стену. Если на свободный конец будет действовать сила P (подвешен груз), то балка изогнется, причем верхние волокна балки будут растянуты, нижние — сжаты. Если произвести измерения, то окажется, что наиболее растянутым будет тот слой балки, который является самым крайним у выпуклой ее части. Если измерять следующие слои, то окажется, что эти слои растянуты тем меньше, чем они ближе к среднему слою, и наконец, средний слой балки изогнут, но не растя-

нут, т. е. сохранил свою первоначальную длину. Этот средний слой называют **нейтральным слоем**, а среднюю ось ab — **нейтральной осью**.

В нижней, вогнутой части балки крайний слой будет наиболее сжат, а по мере приближения к нейтральному слою сжатие слоев уменьшается, в нейтральном — отсутствует.

Если взять балку 2, изображенную на том же рисунке, лежащую свободно на двух опорах, а на нее действует сила (груз) P , приложенная по середине балки, то будем наблюдать то же явление, что и в первом случае: выпуклые слои балки (в данном случае нижние) будут растянуты, вогнутые — сжаты. В балке также имеются нейтральная ось, которая не изменяет своей длины, и нейтральный слой, который не испытывает ни растяжения, ни сжатия. Рассмотренные явления носят название **изгиба**. Конечно, эти примеры не исчерпывают чрезвычайно многообразных и сложных явлений изгиба; они очень многочисленны в строительной практике (в мостах, настилах, стропилах крыш, в валах машин при маховике и т. п.). Нагрузки на балки весьма разнообразны: может быть один или несколько сосредоточенных грузов, приложенных в различных точках балки, может быть сплошная равномерная нагрузка (снег на крыше, настил), расположенная по всей балке или на части ее, и могут быть различные комбинации сплошной нагрузки и сосредоточенных грузов и т. п.

Сами балки могут быть металлическими: сплошные или клепанные из углового, таврового, двутаврового железа, с различным профилем поперечного сечения; деревянные — составные и несоставные; железобетонные.

Не затрагивая других значений при изгибе, как-то: изгибающих моментов, перерезающих сил, моментов инерции, сопротивления, значений опорных реакций и т. п., обратим внимание на то, что при изгибе мы встречаемся со знакомыми нам явлениями растяжения и сжатия, которые имеют наибольшие значения в волокнах балки, наиболее удаленных от нейтрального слоя. Следовательно, в поперечном сечении балки при изгибе всегда действуют сжимающие или растягивающие напряжения, действующие перпендикулярно плоскости поперечного сечения и убывающие к нейтральному слою.

В воздухоплавательной эксплуатации наполненные водородом газгольдеры или аэростаты мягкой системы можно считать за балки, где наиболее удаленными волокнами от нейтральной оси

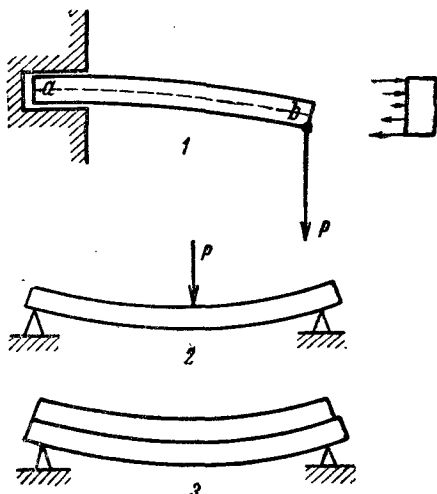


Рис. 181.

(оси газгольдера или аэростата) служат построенные из баллонной материи поверхности оболочек.

Когда сверхдавление достаточно, газгольдер или аэростат имеют прямую ось и правильную форму, при условии нормального распределения навешенных грузов. Если же сверхдавление нарушится или грузы будут распределены неправильно, то получатся: искривление оси газгольдера или аэростата и явления изгиба матерчатой балки;

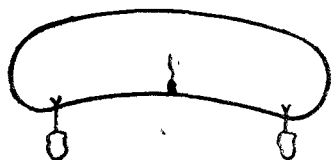


Рис. 185. Изгиб оболочки газгольдера.

но так как баллонная материя не сопротивляется сжимающим усилиям, то на оболочках появятся складки. При отсутствии в газгольдере нужного сверхдавления или при охлаждении газа можно часто наблюдать изгиб этого газгольдера, в особенности если мешки с балластом подвешены у полушарий. Газгольдер принимает горбатую форму, выпуклостью, вверх, причем материя в спинной части будет растянута, а в нижней части сжимающие напряжения образуют складки. Такой вид изогнутой матерчатой балки соответствует нагрузке 3 (рис. 184), где на балку, лежащую на двух опорах, действует сплошная равномерная нагрузка; только в газгольдере роль нагрузки играет подъемная сила газа в каждом сечении, и поэтому изгиб образован в противоположную сторону. На рис. 185 и 186 эти явления достаточно иллюстрированы.

Изгиб оболочек аэростатов может получить большие значения и не сразу. Напряжение, возникшее в оболочке, создает рас-

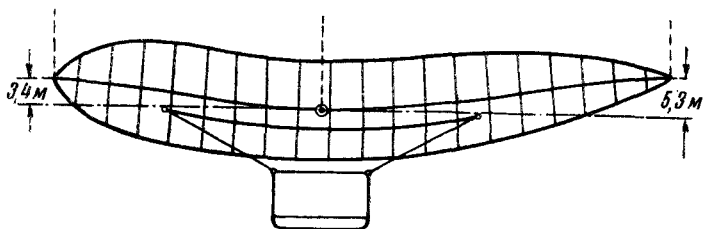


Рис. 186. Изгиб оболочки дирижабля.

тяжение баллонной материи оболочки, что неизбежно влечет ее деформацию, которая увеличивается от срока эксплуатации. Иногда изгибы таких оболочек, вызываемые непрекращающейся деформацией, выправляют вклейкой в оболочку клинообразных поперечных колец из баллонной материи. В моторизованных аэростатах вес оперения может серьезно изменить форму оболочки. В этом случае, при нахождении аэростата на биваке, кормовую часть следует подпирать, чтобы избежать действия постоянного веса оперения в течение продолжительного времени на баллонную матерью оболочки и уменьшить степень ее прогиба за период эксплуатации.

31. Волокнистые вещества

Для воздухоплавания необходимо иметь легкие, прочные и дешевые материалы. Так как в привязном воздухоплавании 60% материальной части (оболочка и подвеска) состоит из текстильных материалов, а в управляемом воздухоплавании — 40—50%, то естественно, что в изложении применяемых в воздухоплавании материалов нельзя не остановиться на значении волокнистых веществ, которые служат основой для изготовления текстильных материалов.

Волокнистые вещества разделяются на натуральные и искусственные.

Натуральные волокна:

а) хлопок, лен, пенька, крапива, кендырь, рами — волокна растительного происхождения (не указываем ряд волокон растительного происхождения, которые могут быть применены в воздухоплавании и проходят стадию исследований);

б) шерсть, шелк — волокна животного происхождения;

в) асбест — волокно минерального происхождения.

Искусственные волокна:

а) искусственный шелк;

б) стеклянные нити.

Органические волокна для воздухоплавания неудобны тем, что они горючи и не сопротивляются нагреванию при температуре 150—170° С, при которой происходит распад волокнистых веществ на простейшие элементы. В отношении негорючести привлекают внимание волокна минерального происхождения, но, в силу своих неприемлемых других физико-механических качеств, вряд ли они найдут применение в воздухоплавании.

Интересны следующие статистические данные о потреблении волокнистых веществ. В 1929 г. общее количество добытых волокон во всем мире было около 11 550 000 т, из которого на хлопковое волокно падало 53,9%, джут — 19%, шерсть — 13,6%, лен — 6,7%, шелк — 1,2% и на искусственное волокно — 1,3%. Отсюда видно, что растительные волокна имеют преобладающее значение в потреблении и на них приходилось до 85,2%, а животные волокна составляли только 14,3%.

В хозяйственных запросах весьма важно, чтобы ткань была прочна, хорошо сопротивлялась внешним метеорологическим условиям, т. е. переменным температурам, влажности, солнечному свету и т. д.

Этими свойствами лучше всего обладают ткани, изготовленные из волокон растительного происхождения, и поэтому совершенно не случайно их широкое распространение.

Ткани для воздухоплавания на 90% изготавливаются из растительного волокна, а веревочные изделия для аэростатов (такелаж), за очень редким исключением, изготавливаются из волокон исключительно растительного происхождения.

Своим особым свойствам растительные волокна обязаны клетчатке или целлюлозе, из которых они состоят.

Получение растительных волокон обеспечивают:

- а) одиночные волокна, покрывающие семена некоторых растений;
- б) лубяной волокнистый слой, находящийся в стеблях многих растений;
- в) сосудисто-волокнистые пучки из листьев растений.

Важным свойством волокнистых веществ является их способность хорошо воспринимать различные красители.

С технической точки зрения важно иметь сравнительные данные прочности волокнистых веществ с общепотребительными строительными материалами. Ниже в табл. 23 приведены значения этих данных.

Таблица 23

Наименование материала	Временное сопротивление в кг/мм ²
Чугун	до 20
Пружинная сталь	" 170
Проволока стальных канатов	" 230—350
Медная проволока	" 40
Алюминий	" 10
Свинец	" 3
Дерево, в направлении волокон	" 8—15
Шелк натуральный	" 35
Вискоза	" 25—85
Хлопок	" 28—37
Лен	" 100
Каучук	" 2—15

Хлопок. Несмотря на свое недавнее применение, хлопок завоевал себе первое место среди таких волокон, как лен, шерсть, шелк. Хлопковое волокно получают из хлопчатника — растения, которое культивируется между 36° южной и 44° северной широты. Когда растение созревает, из его цветов развиваются плодовые коробочки, внутри которых находятся покрытые длинными волокнами семена. По мере вызревания семян коробочки раскрываются; начинается сбор хлопка, а затем отделяют волокно от семян; такое волокно и называют хлопковым. Перезрелые волокна имеют прямую цилиндрическую форму, и поэтому их цепкость небольшая. Волокна со средней зрелостью имеют лентообразную волнистую форму с загнутыми краями, что способствует получению крепкой пряжи. После очистки от семян хлопок собирается в кипы, маркируется и отправляется на текстильные фабрики, где и изготовляют хлопчатобумажные ткани.

Для воздухоплавания применяются ткани, изготовленные исключительно из египетского хлопка, поэтому на нем и остановимся.

Родоначальником египетского хлопка был хлопчатник Си-айленд, который дает наилучший по качеству волокна сорт. Его выращивание требует длительного и безморозного периода

(200 и более дней), влажного климата и нематериковых местностей. Си-айленд стал культивироваться у нас не так давно и в тех климатических условиях, которые способствуют его росту, например в Закавказье, где близость Каспийского моря создает влажный морской климат, а длительный безморозный период вполне охватывает период его вегетации. Волокно хлопчатника Си-айленд очень нежное, тонкое и наиболее длинное из всех существующих волокон хлопка — длина его 50—55 мм. Благодаря превосходным качествам волокна ткани из Си-айленда наиболее легкие и прочные, что весьма важно для строительства оболочек аэростатов.

Из других видов египетского хлопка, волокна которых служат для изготовления воздухоплавательных хлопчатобумажных тканей, надо назвать следующие: Пима — длина волокна 42—44 мм, Сакели-Ридис — 38—42 мм, Маарад — 40 мм и селекционные сорта, длина волокон которых доходит до 44—46 мм. Тонина волокон имеет большое значение. К толстым волокнам относят те, которые имеют поперечные размеры более 25 μ , к средним, — которые имеют 20—23 μ , к тонким — которые имеют менее 20 μ . Часто волокна сравнивают по их разрывной длине, т. е. какова должна быть длина, чтобы поднятая за один конец его длинная нить разорвалась от собственного веса. Для хлопкового волокна разрывная длина достигает 25 000 м. Разрывная длина будет тем больше, чем меньше вес единицы длины волокна и чем больше его временное сопротивление. Среднее значение временного сопротивления хлопкового волокна достигает 37 кг/мм² (табл. 23), в некоторых случаях оно доходит до 60 кг/мм² при 55% относительной влажности. Для воздухоплавания весьма важно, чтобы ткани были наиболее легкими и прочными, поэтому для их производства лучше всего применение волокон с наибольшей разрывной длиной. В табл. 24 приведены данные разрывной длины для хлопчатобумажных тканей.

Таблица 24

Наименование	Разрывная длина в м
Ткань из египетского хлопка, длинной 38—42 мм	8 000
То же, длинной 42—45 мм . . .	9 300
Ткань из волокна Си-айленд, длинной 52—58 мм	10 900

Эта таблица показывает, что чем длиннее и нежнее волокно, тем ткани лучше по своим физико-механическим качествам. В отношении поглощения влаги при изменении относительной влажности воздуха хлопковое волокно или ткань из него примерно стоят в одном ряду с другими материалами, кроме асбеста. Для сравнения приведем табл. 25.

**Поглощение влаги при равновесии с воздухом различной влажности
в процентах к сухому весу**

Наименование материала	Относительная влажность воздуха в процентах				
	15	30	50	70	90
Хлопковая ткань	2,99	4,56	8,70	9,60	13,5
Шелк	5,00	7,10	9,00	13,30	19,0
Бумага	4,50	6,30	7,90	9,50	12,0
Асбест	0,22	0,26	0,40	0,62	0,8

Аэростаты, построенные из хлопчатобумажной прорезиненной баллонной материи и не покрытые или мало покрытые с наружной стороны защитным резиновым слоем, при 100% влажности увеличивают вес оболочки до 12%. Из табл. 25 видно, что шелковые оболочки еще менее выгодны в этом отношении, так как они поглощают влаги больше, чем хлопчатобумажные оболочки, увеличение веса которых при соответствующем увеличении относительной влажности надо считать нормальным.

Количество волокна, собранного с 1 га, различно, но обычно меньшее для более ценных сортов хлопка. Если учесть потерю, отходы и отбраковку, то 1 га египетского хлопчатника обеспечивает изготовление 3 000—3 500 м² ткани, что обеспечивает постройку 2—3 аэростатов наблюдения или 5—6 аэростатов заграждения, или 50—80 куполов парашютов.

Лен. Лен — однолетнее травянистое растение. Распространение его достигает широких размеров — от приэкваториальных стран и почти до Полярного круга. По льноводству первое место в мире принадлежит СССР. Особенно ценный вид льна — это лен-долгунец — тип льна, который дает главным образом волокно, а не семена. Долгунец — одностебельное растение. После созревания лен проходит целый ряд обрабатывающих операций и поступает для изготовления из него изделий. Длина льняного волокна достигает 20—50 мм, тонина волокна в верхушечной части — 15—19 μ , в базисных частях стебля волокно имеет тонину 36 μ .

Крепость льняного волокна достигает 18,7 г, а временное сопротивление волокна составляет 110 кг/мм² для волокон, которые не проходили первичной обработки, и 60 кг/мм² для волокон после первичной обработки.

Длина технического волокна льна колеблется от 200 до 1 000 мм, ширина — от 200 до 225 μ . Временное сопротивление технического волокна равно 35 кг/мм².

Из льна изготавливают ткани и крученые изделия. Весь веревочный такелаж аэростатов построен из льняных веревок высокой прочности.

Конопля (пенька). Волокно конопли более жесткое по сравнению со льном и обладает большой крепостью.

Временное сопротивление элементарного волокна составляет 75,5 кг/мм², среднее сопротивление самого волокна — 17 г. Временное сопротивление технического волокна — 45 кг/мм², его длина — от 100 до 300 см. Конопля — растение однолетнее, имеет большое хозяйственное значение. Волокна пеньки имеют громадное значение для канатно-веревочного производства, изготовление же из пеньки брезентов и мешков развито в больших масштабах. Разрывная длина пенькового волокна чрезвычайно велика. Применение изделий из пенькового волокна в воздухоплавании должно иметь большее распространение, чем это имеет место сейчас; многие льняные веревки можно заменить пеньковыми, которые, имея большую крепость, имеют меньший вес.

В отношении сырьевых ресурсов пеньки СССР стоит на первом месте в мире. Для сравнения приводим данные посевной площади конопли в тысячах гектаров за 1931 г.: СССР — 941,3, Италия — 86, Румыния — 34, Югославия — 37, Венгрия — 10, Испания — 7, Франция — 4.

Рами (китайская крапива). Рами бывает белое и зеленое. Белое рами менее требовательно к климату и в СССР культивируется в Абхазии и на побережье Черного моря. Рами — растение многолетнее и достигает 1,5 м высоты; с 1 га собирают от 2 до 7 т стеблей.

Волокна рами получают сдираем со стебля слоя, носящего название сырого волокна. Дальнейшая обработка подготавливает рами к прядению. Волокна рами обладают блеском и мягкостью и идут для изготовления смешанных тканей (мебельные ткани, одеяла, скатерти). Средняя длина элементарного волокна дикого рами — 60 мм и культурного — 50—56 мм. Максимальная длина волокна дикого и культурного рами 350—400 мм. Средняя крепость элементарного волокна дикого — 35 г, культурного — 50 г. В воздухоплавании для клапанов сферических аэростатов применяют веревки из рами, которые, обладая большой прочностью, имеют небольшое удлинение, что существенно для эксплуатации.

Изделия из рами на 20% легче льняных и в 1,5—4 раза крепче их, кроме того, они противопожностны, что создает большие перспективы по применению рами в воздухоплавании.

Дикая крапива. Обыкновенную дикую крапиву всегда можно найти у берегов рек, в местах разлива. Сбор ее возможен в Западной Сибири, в Куйбышевском крае и других районах. Дальневосточная крапива обладает еще и тем хорошим свойством, что она по своей природе противопожностна.

Обработка волокон крапивы проста. Изделия из нее не тяжелее высокосортных льняных и обладают большой крепостью. Волокна крапивы имеют свойство большой делимости и способность выдерживать высокую крутку, что с точки зрения хороших удлинений в веревочном такелаже имеет большое значение.

Все эти свойства крапивы, а в особенности дешевизна (в 4—5 раз дешевле льна), при сохранении хороших технических качеств, дают возможность применять изделия из крапивы в воздухоплавании (брезенты, мешки, поясные веревки).

Кендырь — многолетнее растение. В диком состоянии он встречается у рек на юго-востоке СССР. Местное население использует его волокно для выработки кустарной пряжи и изготовления рыболовных сетей.

Кендырь является хорошим волокнистым материалом, обладающим противопожнлостностью. Крепость элементарного волокна кендыря от 7,6 до 25 г, длина волокон туркестанского — 10,02 мм при тонине 48,8 μ , длина волокон волжского кендыря достигает 19,7 мм при тонине 27,9 μ . В воздухоплавании кендырь пока не применяли, но благодаря свойствам противопожнлостности и крепости из него можно изготовлять веревки и ткани для брезентов и балластных мешков.

Шелк натуральный. Шелк представляет собой застывшую нить, полученную от выделения железы гусениц бабочек-шелкопрядов. Шелковичный червь образует оболочку, называемую коконом, в котором происходят дальнейшие превращения червя. Тонина шелка колеблется от 8 до 26 μ , временное сопротивление от 40 до 53 кг/мм², при удлинении в момент разрыва в 25%. В 1 г шелка может заключаться до 3000 м коконной нити. Шелк хорошо впитывает воду и при воздухе, насыщенном водяными парами, может впитать до 30% воды.

В воздухоплавании шелк имеет применение; из него изготовляют оболочки и такелаж, причем эти изделия отличаются большой прочностью и легкостью, что особо важно для летного дела. Если сравнить разрывную длину льняной и шелковой веревок при одинаковом разрывном усилии, то разрывная длина льняной веревки будет 10 000—12 000 м, а шелковой — 25 000 м. Применение шелковых изделий в воздухоплавании ограничено ввиду его дороговизны и небольшого срока службы.

Влияние атмосферных условий на волокнистые вещества. С изменением влажности изменяется и крепость волокнистых материалов. Табл. 26 показывает, как изменяется крепость при 66% относительной влажности воздуха по отношению к крепости в сухом воздухе.

Т а б л и ц а 26

Волокн	Изменение крепости в %
Хлопок	Увеличение от 10 до 30
Лен	„ 30 „ 40
Шелк натуральный .	Уменьшение „ 15 „ 25
„ вискозный . .	„ „ 45 „ 55
„ нитратный . .	„ „ 55 „ 65
„ ацетатный . .	„ „ 30 „ 40

Исследователи занимались определением зависимости крепости различных волокон от состояния влажности воздуха. Общие выводы следующие: хлопок с увеличением влажности воздуха увеличивает крепость, и максимум крепости достигается

при 75% относительной влажности воздуха; при дальнейшем возрастании влажности наблюдается уменьшение крепости хлопка; и еще при повышении влажности все время увеличивает свою крепость, что происходит еще быстрее после 70% относительной влажности; у шелковых волокон повышение влажности крепость уменьшает.

Особенно заметно падение крепости с увеличением влажности у вязкого шелка; это обстоятельство совершенно исключает его применение в воздухоплавании.

32. Каучук

Резиновые изделия имели и имеют в воздухоплавании решающее значение. В оболочках, в резиновых шнурах, газгольдерах, шлангах, клапанах и т. д. резина имеет преобладающее значение.

Натуральный каучук. Слово «каучук» происходит от туземного названия «каа-очу», что в переводе означает «слезы дерева». Это говорит о том, что натуральный каучук был растительного происхождения.

Открыт каучук¹ европейцами сравнительно давно, а его применение в промышленности началось значительно позднее. Экспедиция Колумба впервые увидела у туземного населения острова Гаити резиновые мячи. Мячи отскакивали от твердых предметов, что привело европейцев в недоумение: они узнали, что эти мячи делают из сока дерева. В XVIII веке участник французской экспедиции в Южную Америку для измерения длины меридиана, ученый ла-Кандамин, подробно ознакомился с каучуком в Бразилии. Из опубликованных записок этого ученого стало известно, что при подсечке дерева, которое носит название «гевея», вытекает белый сок. Этим соком пропитывали ткани и применяли его также при изготовлении спринцовок в виде груши. Грушеобразные глиняные формы обмазывали несколько раз соком дерева гевея, коптили на дыму костра и затем удаляли глину.

Дерево гевеи растет преимущественно в бассейне р. Амазонки, достигая в высоту 30 м и более; дерево имеет в диаметре от 0,8 до 1,5 м.

Многие европейцы предвидели богатейшую будущность каучука в промышленности, но тем не менее его применение пришло не сразу. В этом отношении интересно предвидение некоторых ученых о применении каучука и в области воздухоплавания.

Из истории воздухоплавания известно, что полет сферического аэростата 5 июня 1783 г. в г. Анноз, подготовленный братьями Монгольфье, считается первым днем воздухоплавания, причем о применении каучука как материала для оболочки тогда не было и речи.

¹ В основном здесь даны выдержки из труда проф. Бызова.

Ровно через 8 лет после полета братьев Монгольфье, в 1791 г., в английском журнале автор Андерсон рисует перспективы применения каучука и, кроме игрушек, упоминает: азроостаты, эластичные шнуры, гибкие мягкие перчатки для защиты рук от едких жидкостей, прорезиненный шелк и зонтики, непромокаемую обувь, хирургические принадлежности и т. д.

Если обратить внимание наших воздухоплавателей-эксплуатационников на этот перечень применения каучука, данный 150 лет назад, то можно только удивляться тому тонкому прогнозу Андерсона в области применения каучука вообще и в частности в воздухоплавании.

В XIX веке английский фабрикант Макентош впервые изготовил непромокаемые резиновые плащи, но они были неудобны тем, что при переменах температуры делались ломкими и липкими. К тому же XIX веку относится и первое применение в Европе галош, которые также отличались многими недостатками. Впоследствии в Европе научились из американских спринцовок или бутылочек делать резиновые пластины, которые шли на изготовление различных примитивных резиновых изделий.

В сороковых годах XIX столетия торговец пластинами, американец Гудьир, нечаянно уронил одну пластину с небольшим содержанием серы на горячую плиту. После этого пластина стала эластичной и стойкой к растворителям, и Гудьир запатентовал свое открытие.

Сейчас такая обработка каучука называется вулканизацией и состоит в том, что масса каучука смешивается с серой и затем нагревается.

Вулканизированный каучук резко отличается от сырого каучука: он прочнее и обладает отсутствием липкости, большой упругостью, а также стойкостью к переменным температурам.

Вопросы вулканизации каучука были изучены почти одновременно и в Европе, и решение этого вопроса открыло дорогу для технического применения каучука.

Развитие в промышленности резиновых изделий, увеличение спроса на них, прогресс техники в области применения резины заставили задуматься о сырьевых запасах, которые были бы не случайны, а планомерны, и о культивировании природного растения, но с его основными качествами.

Пионерами этого были англичане — владельцы колоний. Семена гевеи вывезли в Европу и затем в колонии Англии. Малайский полуостров оказался наиболее благоприятным для разведения гевеи. Это вмешательство человека решило вопрос о культивировании гевеи, количество деревьев стало не случайным, а определенным, отсюда получили плантационный каучук. В борьбе за каучук выступили и голландцы, которые в своих колониях создали каучук, по качеству и количеству конкурирующий с английским.

Если плантационный каучук — внук дикого каучука, то надо сказать, что в промышленности этот внук вытеснил своего предка. Действительно, если обратиться к статистике, то в 1910 г.

плантационный каучук составлял около 12% мировой добычи, а в 1930 г. — около 97%. Приведем две цифры мирового потребления каучука:

1827 г.	3 т
1930 „	689 000 „

Нежная гевея у нас не привилась; необходимо было найти другие растения — и их нашли.

В СССР была открыта хондрилла — многолетнее травянистое растение, и попытки получить из него каучук увенчались успехом.

Второе растение — тау-сагыз — довольно простое на вид, но действительно исключительное по своим свойствам. Тау-сагыз растет в Советском Союзе и даст в будущем наш советский натуральный каучук, так как процент содержания каучука в нем очень большой. Важно, чтобы это дикое растение было культивировано, освоено и акклиматизировано в тех местностях, где наша промышленность в нем наиболее нуждается.

Гвайола — растение, вывезенное из Америки, имеет большие перспективы добычи из него натурального каучука. Оно стоит на втором месте после тау-сагыза, и его также необходимо скорее культивировать.

Интересно и растение кендырь; оно важно для нас как растение, из которого можно было изготавливать крепкие веревки и грубые ткани (брезенты), но в его «отбросах», т. е. в листьях, оказался в значительном проценте каучук. К основной значимости кендыря прибавился новый удельный вес, что заставило уделить этому дикому растению большое внимание.

Синтетический каучук. В СССР натуральному каучуку уделяется громадное внимание, но вместе с тем этот вопрос получил и иное разрешение. Советский Союз получил свой советский синтетический каучук, который по качеству не уступает импортному. Эта громадная проблема была практически разрешена совсем недавно (1927—1930 гг.).

Этот вопрос решался сырьевыми ресурсами, которые могли бы обеспечить наши потребности по каучуку в любой точке Союза и в любом количестве.

Таким сырьем оказался картофель, состоящий в основном из крахмала, который превращают в спирт, а из последнего, химическим способом, получают бутадиен — основной исходный продукт искусственного каучука. Картофель можно культивировать в любой точке Советского Союза, а следовательно, и получить любое количество советского (синтетического) каучука. Работы 1932—1938 гг. показали, что синтетический каучук по качеству занял и занимает у нас первое место.

Значение советского каучука в воздухоплавании огромно. Оболочки для сферических аэростатов, привязных аэростатов, оболочки дирижаблей ранее изготавливались в Советском Союзе из импортного натурального каучука. Но с 1932 г. в строительстве оболочек, газгольдеров и шлангов для воздухоплавания начали

переходить на советский синтетический каучук. Появились оболочки из синтетического каучука, качество которых не уступает прежним образцам. Советские воздухоплаватели в 1937—1939 гг. установили ряд мировых, непревзойденных рекордов на советской материальной части, в которой основную роль играл наш советский синтетический каучук.

33. Ткани для воздухоплавания

В воздухоплавании применяется почти исключительно хлопчатобумажная ткань и в очень редких случаях — шелковая материя. Особый интерес стала приобретать бумага, которая применялась в воздухоплавании более ста лет назад, но была забыта.

Наши основные хлопчатобумажные ткани зависят от сорта хлопка, от искусства выработки волокнистых веществ и от культуры доставки этих волокнистых веществ на хлопчатобумажные фабрики. В оболочках змейковых аэростатов, в оболочках дирижаблей, в сферических аэростатах хлопчатобумажная ткань является силовой тканью, или тем материалом, который рассчитывает инженер-конструктор на прочность.

Техническая ткань часто по виду невзрачна, но она обладает теми физико-механическими качествами, которые необходимы для объектов, основанных на технических расчетах.

Хлопчатобумажные ткани, которые после дальнейшей обработки идут на постройку воздухоплавательных оболочек, представляют собой полосы длиной 50—80—100 м и шириной от 110 до 140 см.

Изготовленный отдельный метраж ткани называется куском и является единицей счета при приемке, т. е. один кусок ткани может быть длиной от 50 до 100 м.

Нити, идущие вдоль длинной стороны куска, называются нитями основы, поперечные — нитями утка (уток).

Для сокращения принято вместо названия направления вдоль основы и вдоль утка говорить: «по основе» и «по утку». При испытании дерева его механические качества определяют вдоль или поперек волокон, а при испытании ткани — по основе или по утку. При изготовлении куска ткани нити основы и утка переплетаются между собой; нити утка проходят то сверху, то снизу нитей основы, и чередование перехода этих нитей происходит либо через одну нить основы, либо через две или более, или же это переплетение происходит в совсем другом сочетании.

Для ткани, которая идет для технических целей с точки зрения ее прочности и деформаций, существует пока одно переплетение, а именно такое, при котором нить утка проходит то над нитью основы, то под ней. Это переплетение называют простым переплетением — полотняным или миткалевым.

На рис. 187 показана схема переплетения нитей для основных воздухоплавательных тканей.

Основные требования, предъявляемые к советским воздухоплавательным тканям, следующие: наибольшая прочность, определенные пределы деформаций, наименьший вес, минимальное количество пороков, долговечность при эксплуатации, поверхность, допускающая дальнейшую обработку, и дешевизна.

Пороки тканей довольно многочисленны, они мешают прорезиниванию или лакировке, и эти места приходится вырезать. Основные ткацкие пороки или виды брака сводятся к следующим:

а) **близна** — такой вид брака, когда в куске ткани вдоль основы отсутствует одна или несколько нитей; он обозначается: «близна в одну нить» или «близна в две нити»; этот брак получается при обрыве нитей основы;

б) **недосека** — когда в куске ткани по ширине отсутствует одна или несколько уточных нитей;

в) **редочь** — когда число нитей в направлении утка на единицу меньше расчетного;

г) **подплетина** — брак, получающийся при обрыве нескольких нитей основы;

д) **забоина** — брак, при котором в направлении утка наблюдается густая набивка нитей по всей ширине полотна;

е) **недоработка нитей** — когда нити основы выступают скобками над нитями утка без переплетения с ними; такая же недоработка нити в направлении утка носит название **поднырки**;

ж) **грязные нити** — брак, когда нити замасливаются;

з) **шпаруточные проколы** — такой вид брака, когда в куске ткани вдоль длинной стороны на расстоянии 3—7 см от кромок наблюдаются проколы от шпаруток.

Не перечисляя других пороков, заметим, что в воздухоплавательных тканях пороки вообще недопустимы, но так как в массовом производстве идеальный, беспорочный кусок ткани длиной 80 м получить трудно, то приходится считаться с минимальными, заранее оговоренными ткацкими пороками. В этом случае куски ткани допускаются к прорезиниванию или лакировке, но брачные места отмечаются и впоследствии на них наклеиваются заплаты.

Шелковые ткани в воздухоплавании применяются значительно реже. Шелковая ткань обладает высоким временным сопротивлением и большой легкостью, но в то же время она дорога. Шелковые ткани хорошо прорезиниваются, но срок службы таких материй не выше, чем у хлопчатобумажных тканей. Шелковые и каркасно-шелковые ткани широко применяются в парашютном деле.

Приводим ниже (табл. 27) физико-механические качества

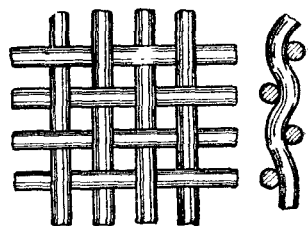


Рис. 187. Переплетение нитей воздухоплавательных тканей.

основных хлопчатобумажных и шелковых тканей, применяемых в воздухоплавании.

Т а б л и ц а 27

Наименование	Временное сопротивление в кг/м		Относительное удлинение в %		Вес 1 м в 2	Примечание
	основа	уток	основа	уток		
Хлопчатобумажные ткани:	Не менее		Не более			
Легкие типы						
I	340	320	5—10	7—12	46	Изготовлено из массового хлопка египетских семян
II	480	460	5—11	6—13	56	То же
III	540	520	5—11	6—13	63	" "
IV	550	550	6—11	7—13	60	Из лучших сортов хлопка
V	420	400	6—10	5—12	50	То же
Средние типы						
I	720	700	7—12	8—15	83	Из массового хлопка египетских семян
II	850	800	7—14	8—16	95	Из лучших сортов хлопка
Тяжелый тип	1 250	1 100	10—15	10—15	135	Из лучших сортов хлопка
Шелковые ткани:						
I	700	800	12—18	10—16	52	Из натурального шелка
II	1 000	1 000	12—20	10—18	60	"
III	550	500	12—18	10—16	33	"

В приведенной таблице указан ряд тканей, которые реальны и освоены в производстве. Необходимо указать, что ткани, изготовленные из массового хлопка египетских семян, имеют меньший срок службы, чем ткани из высших сортов хлопка; этим и объясняется разница во временном сопротивлении при одинаковом весе. В отношении удлинений в момент разрыва можно сказать следующее: если указаны пределы относительных удлинений по основе или по утку, то они будут приняты при условии, что разница их по основе и утку будет минимальной, т. е. если удлинение по основе в одном куске 6%, то в том же куске удлинение по утку должно быть не более 9%, или если удлинение по основе в одном куске 10%, то удлинение по утку в том же куске должно быть не более 15%.

Иногда считают, что поведение баллона в воздухе аналогично положению баллона на земле, причем этот баллон должен иметь

обязательно горизонтальное положение; отсюда выводы, что прочность по утку, по законам цилиндра, должна быть вдвое меньше (предполагается, что уток расположен вдоль оси цилиндра), следовательно, и удлинения по основе и по утку. Против этих предпосылок приходится категорически протестовать; мы обязаны считать, что прочность по основе и утку тканей должна быть одинаковой и удлинения при разрыве должны быть близки друг к другу. Основанием этого является та причина, что не всегда раскрой аэростатов в направлении утка сопутствует направлению вдоль оси и в поперечном направлении обязательно вдоль основы; иногда в конструкции аэростатов бывает и наоборот. Поэтому конструктору надо отдать полную возможность ставить ткань в аэростат так, как требует технический расчет.

34. Баллонные материи и их испытания

Баллонными материями называют те материалы, которые идут на постройку оболочек аэростатов, газгольдеров, шлангов. Баллонная материя при эксплуатации служит одновременно силовой тканью и газоместителем. Физико-механические качества баллонных материй зависят от свойств применяемой ткани, а газонепроницаемые свойства достигаются наложением на ткань специальной пленки. В зависимости от вида пленки баллонные материи разделяются на следующие:

- а) прорезиненные баллонные материи, где газодержащим слоем служит резиновая пленка;
- б) бодрюшированные баллонные материи, где газодержащим слоем служит бодрюш;
- в) лакированные баллонные материи, где ткань покрыта лаком.

Газопроницаемость баллонных материй различна, обычно ее измеряют по отношению к водороду и определяют в л с 1 м² за 24 часа; после определения газопроницаемости ее значение приводят к значению при 15° С.

Баллонные материи разделяются на однослойные, двухслойные, трехслойные и многослойные. В воздухоплавании применяются преимущественно первые три типа тканей. Наименование их зависит от числа слоев тканей.

Двухслойные баллонные материи делятся на параллельно-дублированные и диагонально-дублированные. Параллельно-дублированной называется двухслойная материя, где основа одного слоя ткани параллельна основе второго слоя и уток первой ткани параллелен утку второй, а между тканями расположен газодержащий слой. Диагонально-дублированная баллонная материя та, в которой нити основы и утка одной ткани расположены под углом к основе и утку другого слоя ткани. Этот угол принимается в 45°, причем нижний слой ткани носит название параллельного слоя, а верхний — диагонального, или косякового, слоя. В трехслойных материях два слоя ткани обычно парал-

лельны друг другу, а третий — диагональный, или косяковый. Если взять для примера ткань № 4 и прорезинить ее, то это будет однослойная прорезиненная баллонная материя с временным сопротивлением порядка 550 кг/м, но если на этой материи сделать надрез, то при небольшом усилии такая материя раздирается вдоль нитей основы или утка. Если из этой же ткани из-готовить параллельно-дублированную баллонную материю, т. е. в два слоя ткани, то временное сопротивление такой материи будет вдвое больше, т. е. 1 100 кг/м, но при надрезе и небольшом усилии материя раздирается также вдоль нитей основы или утка. При изготовлении из той же ткани диагонально-дублированной баллонной материи, где второй слой ткани расположен под углом 45° по отношению к первому слою ткани, оказывается, что временное сопротивление такой двухслойной материи немного выше, чем прочность однослойной материи, — 600 кг/м, но при надрезе требуется большое усилие, чтобы ее раздрать.

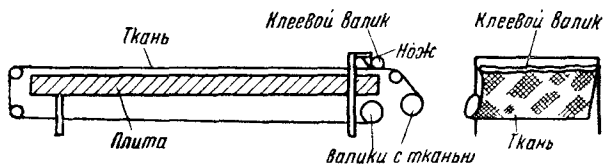


Рис. 188. Схема шпреди́нг-машины.

Это важное преимущество диагонально-дублированной баллонной материи, и поэтому ее применяют при постройке оболочек сферических и змейковых аэростатов и оболочек дирижаблей малых объемов. В трехслойных баллонных материях прочность параллельно-дублированной материи сочетается с хорошим сопротивлением раздираемости благодаря наличию третьего диагонального слоя ткани. Трехслойная материя из вышеуказанной ткани обладала бы временным сопротивлением в 1 200 кг/м, но хорошо сопротивлялась бы раздиранию.

Прорезиненные баллонные материи. Эти баллонные материи применялись военным воздухоплаванием в начале XX века. Оболочки аэростатов из таких материй можно было хранить, складывать и разворачивать без особых предосторожностей, которые применялись к прежним, лакированным оболочкам.

Применение прорезиненных баллонных материй было революцией в военном воздухоплавании; быстро пошло развитие привязных аэростатов и увеличилась постройка свободных аэростатов.

Для изготовления прорезиненной баллонной материи требуется заводская аппаратура. Так, при помощи шпреди́нг-машины (рис. 188) на хлопчатобумажную или шелковую ткань накладывается резиновый клей разной густоты. Машина состоит из плиты, на передней стороне которой имеется нож (стальная полоса). Рулон ткани располагают под ножом машины. При прорезинива-

нии машина приводится в движение, причем ткань сматывается с валика, проходит под ножом над плитой и наматывается на другой валик. На нож машины накладывают резиновый клей, который при движении ткани образует вращающийся резиновый валик, причем часть клея, по всей ширине ткани, увлекается последней и остается на ткани; этим и достигается наложение одного слоя резины, или, как говорят, одного штриха клея, на ткань.

При проходе ткани над горячей плитой бензин, находящийся в клее, испаряется, и ткань сворачивается в рулон. Вес резинового слоя, который накладывается на 1 м^2 ткани, при одном проходе через шпреди́нг-машину, различен. Он зависит от заданного числа штрихов резинового слоя, которые необходимо наложить на ткань, чтобы получить требуемую газопроницаемость. Количество этих штрихов может быть 8, 10, 12, 16 и более; в зависимости от этого одну и ту же ткань приходится столько же раз пропускать через шпреди́нг-машину. Если, например, для получения определенного качества газопроницаемости на ткань надо наложить 100 г резины на 1 м^2 в 16 штрихов, то ткань придется пропустить через шпреди́нг-машину 16 раз, а вес каждого штриха на 1 м^2 ткани будет $100 : 16 = 6,25 \text{ г}$. Машинист, работающий у шпреди́нга, проверяет необходимый вес налагаемого слоя путем взвешивания всего рулона ткани.

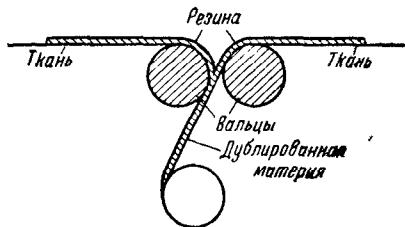


Рис. 189. Схема вальцов для дублировки материи.

Опыты специалистов выявили, что большее количество штрихов дает лучший эффект по газопроницаемости прорезиненной баллонной материи при одной и той же толщине резинового слоя. При изготовлении двухслойной баллонной прорезиненной материи рабочий (газодержащий) слой резины должен находиться между двумя слоями ткани; в этом случае на каждую ткань накладывается заранее определенное число штрихов, и затем обе ткани дублируются (склеиваются) на специальных вальцах (рис. 189). Толщина резинового слоя на каждой ткани должна быть подобрана так, чтобы после дублировки получилась общая необходимая толщина или требуемый вес резинового слоя на 1 м^2 , обеспечивающий необходимую, заданную газопроницаемость двухслойной баллонной материи.

Изготовление параллельно-дублированной баллонной материи по описанному выше способу довольно просто, а изготовление диагонально-дублированной прорезиненной баллонной материи требует следующей дополнительной операции. Верхний слой ткани по отношению к нижнему слою необходимо расположить под углом 45° . Для этого два куска материи прорезиниваются на шпреди́нг-машинах, т. е. на каждый кусок накладывается необходимое заданное число штрихов, затем кусок, предназна-

ченный для верхнего диагонального слоя баллонной материи, поступает в раскройную мастерскую, где его разрезают по шаблонам на части, называемые в производстве косяками (рис. 190). Эти косяки снова склеивают в кусок материи так, что

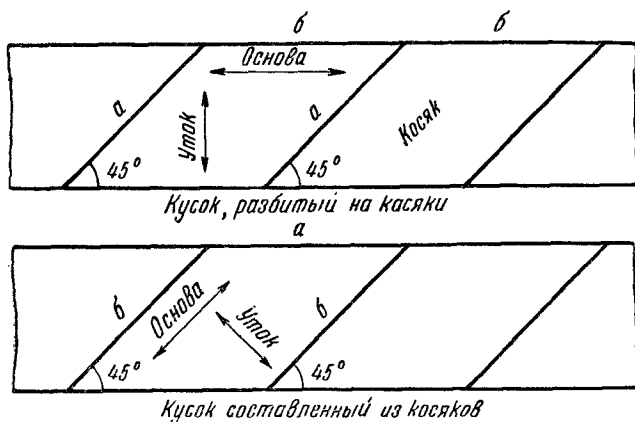


Рис. 190. Изготовление косякового слоя баллонной материи.

нити в новом склеенном куске будут расположены под углом 45° к кромкам вновь склеенного куска. Затем этот вновь склеенный кусок дублируется обычным способом с первым параллельным куском. В трехслойных материях два слоя ткани параллельны друг другу, а третий — диагональный. Здесь мы имеем два

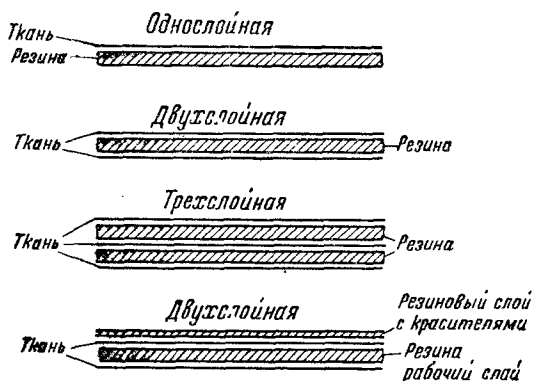


Рис. 191. Схемы баллонных материй в поперечном разрезе.

самостоятельных газодержащих резиновых слоя, которые расположены между тканями. Схемы баллонных материй: однослойной, двухслойной и трехслойной, показаны на рис. 191.

Кроме основного газодержащего слоя, двухслойные и однослойные баллонные материи покрывают еще наружным резиновым слоем — 30—40 г на 1 м^2 . Покрытие делается для того, чтобы сделать баллонную

материю менее гигроскопичной и ввести в наружный слой различные красители или алюминиевый порошок. При наличии наружного резинового покрытия, если при намокании вес аэростата увеличивается, то этот привес, в зависимости от количества налагаемой краски на верхний слой резины, ограничен 6—12%. Введение красителей необходимо в целях маскировки и для

увеличения срока службы аэростатов при их нормальной эксплуатации. Для увеличения сроков службы аэростатов необходимо, чтобы оболочка при эксплуатации как можно меньше нагревалась. Этим и объясняется широкое применение алюминиевого порошка, который вводится в наружный резиновый слой и придает баллонной материи блестящий светлый цвет, отражающий тепловые солнечные лучи.

Практика показала, что аэростаты, построенные из алюминированной баллонной материи, действительно обладают большим сроком службы. Другие покрытия с красителями, кроме маскировочных задач, защищают ткань и резину от вредного действия солнечных, а в особенности ультрафиолетовых лучей, разрушающих ткань и резину. Очень часто красители не только вводят в смесь, но и окрашивают ими наружный слой ткани. Это широко применяется в алюминированных баллонных материях, где верхний слой ткани окрашен в желтый цвет, а сверху наложен резиновый слой с блестящим алюминиевым порошком.

К красителям, вводимым в смесь, предъявляют очень много требований: они должны быть погодопрочными, сохранять свою окраску, не содержать вредных примесей, которые разрушают ткань и резину, и должны способствовать увеличению срока службы аэростатов. Выбор таких красителей — задача нелегкая, и от правильного ее разрешения зависит тесно связанный с экономикой срок службы аэростатов.

После изготовления баллонных прорезиненных материй последние поступают в вулканизацию, которая заключается в обработке в течение $1\frac{3}{4}$ часа прорезиненной материи паром при температуре 100°C и выше и давлении около 2 атм. После вулканизации кусок баллонной материи поступает на проверку его качества по прочности, удлинению, весу, газопроницаемости и т.к.а.к.им, заранее определенным порокам. Прежде делали так: ткацкие допустимые пороки в тканях, в двухслойных материях, заклеивались заплатками до вулканизации внутри двух слоев двухслойной баллонной материи; после этой операции материя дублировалась и далее поступала в вулканизацию. Этот способ имел свою логику; необходимо было, чтобы заплатки, которые наклеиваются на резиновом клею, прошли процесс вулканизации для этого резинового клея. Теперь поступают иначе. Баллонную материю, поступающую из цеха прорезинивания, сдают в цех постройки (конфекции) или ее покупают другие строящие организации. Естественно, что перед постройкой объектов, в особенности объектов воздушной службы, строительный материал вновь проверяют. Готовую баллонную материю тщательно просматривают уже световым методом; дефектные места в куске баллонной материи отмечают и, в зависимости от их значимости, на них с внутренней стороны материи наклеивают заплатки из баллонной материи или их вырезают.

В практике эксплуатации аэростатов не было случаев, чтобы правильно наложенная на готовую баллонную материю заплатка

была источником аварий. В связи с этим весьма характерны правила, которые применяются при заклейке разрывного приспособления перед полетами. Сферические аэростаты после очередного полета возвращаются в учреждение или в часть со вскрытым разрывным приспособлением. Для следующего полета необходимо вновь заклеить разрывное приспособление не на заводе, а силами данной воздухоплавательной организации. В этих случаях после тщательной очистки и промывки перво-сортным бензином склеиваемых мест применяется стандартный воздухоплавательный резиновый клей для заклейки разрывного приспособления параллельно-дублированной лентой, без последующей вулканизации. Если принять во внимание, что в сферических аэростатах разрывное приспособление является ответственной деталью шара и всегда заклеивается без последующей вулканизации, то сам собой напрашивается вывод, что не только

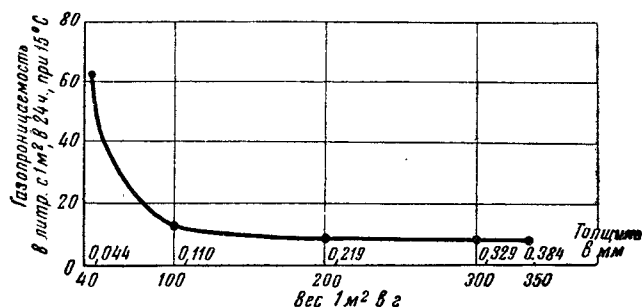


Рис. 192. Зависимость газопроницаемости баллонных материй от веса резины на 1 м^2 , или от толщины резинового слоя.

мелкие заплатки на аэростатах, но и более крупные вырезы, сделанные по правилам резиновой техники, допустимы без вреда для нормальной эксплуатации.

Значение газопроницаемости прорезиненных баллонных материй. В прорезиненных баллонных материях слой резины, заключенный между слоями хлопчатобумажной ткани, при весе 95—105 г на 1 м^2 дает значение газопроницаемости для водорода около 10 л с 1 м^2 в 24 часа при 15°C .

Уменьшение веса резинового слоя на 1 м^2 увеличивает значение газопроницаемости настолько значительно, что переход к весу меньше чем 90 г на 1 м^2 резко изменяет значение газопроницаемости. Обратный процесс — увеличение веса резинового слоя на 1 м^2 свыше 105 г дает ничтожный эффект по уменьшению газопроницаемости. Диаграмма на рис. 192, основанная на опытах наших лабораторий, дает достаточно ясную картину этих изменений.

В диаграмме по оси ординат отложены значения газопроницаемости в л с 1 м^2 в 24 часа при 15° , а по оси абсцисс — вес резинового слоя на 1 м^2 в г и соответствующая толщина рези-

нового слоя в мм. Кривая диаграммы ясно показывает, что при весе резинового слоя на 1 м^2 в 105—110 г газопроницаемость будет порядка 10 л с 1 м^2 в 24 часа при 15° С . Если взять вес резинового слоя в 70 г на 1 м^2 , то газопроницаемость может быть 30 л и более; если же слой резины весит около 45 г на 1 м^2 , то газопроницаемость достигает свыше 60 л с 1 м^2 . Все эти значения газопроницаемости приведены к 15° С .

Если вес резинового слоя увеличивать выше 100 г для 1 м^2 , т. е. допустить 200, 300, 400 г на 1 м^2 , то, как видно из диаграммы, выигрыш в газопроницаемости будет ничтожным, т. е. вместо 10 л с 1 м^2 в 24 часа при 15° С при весе 100 г резинового слоя для 1 м^2 при весе 200—300—400 г будем иметь 7—8 л с 1 м^2 . Эти выводы говорят за то, что уменьшать вес резинового слоя менее 90 г на 1 м^2 вредно; увеличивать вес резинового слоя выше 100 г для 1 м^2 бесполезно. Все эти выводы сделаны для однослойных и двухслойных материй, где имеется один газодержащий рабочий слой. В трехслойных материях, где между тремя слоями тканей имеется два газодержащих слоя, газопроницаемость такова, что два, обязательно разделенных слоя резиновой пленки, весом каждая 90—100 г на 1 м^2 , дают значение газопроницаемости для водорода в два раза меньшее, чем для однослойных или двухслойных материй. Короче говоря, газопроницаемость трехслойных баллонных материй должна быть меньше 5 л с 1 м^2 в 24 часа при 15° С . На практике эти материи дают еще меньшие значения.

Влияние температуры и влажности на газопроницаемость прорезиненных баллонных материй. Газопроницаемость оболочек аэростатов приходится измерять в разное время года и в разных условиях.

Северные условия — одни, южные — другие, а подъемы на высоту дают вполне определенные температурные режимы в любых географических широтах. При полете на сферическом аэростате нагрев оболочки шара будет всегда иметь место в любое время года, так как движение совершается с потоком воздуха и он не обтекает материальную часть. Совсем иное получается при эксплуатации змейкового аэростата удобообтекаемой формы. Оболочка находится в воздушном потоке, скорость которого влияет на температуру аэростата. Если он удобообтекаемый и ветер сильный, то нагрев аэростата будет минимальный, а при сравнении со свободно летящим аэростатом окажется, что нагрев его будет процентов на 80 меньше. В этом отношении надо считать, что штилевая погода для змейковых аэростатов в смысле нагрева более опасна, чем ветреная. В результате опытов установлено, что газопроницаемость прорезиненных баллонных материй зависит главным образом от температуры; значение газопроницаемости изменяется на 4—5% при изменении температуры на 1° С . Следовательно, изменение температуры на десятки градусов резко изменяет и величины значений газопроницаемости аэростатов. Например, зимой, в холод, при определении газопроницаемости какой-нибудь оболочки, можно получить

небольшие величины значений этой газопроницаемости — явление, совершенно законное в силу природы самого каучука. Но если такую оболочку послать на высоты, где она будет обогрета солнцем, то такая оболочка, имея перегрев в несколько десятков градусов, может принести много неприятностей в силу значительного увеличения своей газопроницаемой способности. При обратном явлении, измеряя газопроницаемость в жаркий летний день, можно получить большие значения газопроницаемости, что не всегда является мотивом для забракования оболочки, так как при перегреве увеличение газопроницаемости также законно. Чтобы знать качество оболочки, ее газопроницаемость определяют при данной температуре, а потом значение этой газопроницаемости приводят к 15°C .

Установленные нормы забракования по газопроницаемости, отнесенные к 15°C , дают возможность решать вопрос о пригодности оболочки к дальнейшей эксплуатации. Обозначим через Z газопроницаемость баллонной материи, полученную во время испытаний при температуре $t^{\circ}\text{C}$; через Z_{15} — газопроницаемость той же материи, но при температуре $t = 15^{\circ}\text{C}$. По формуле сложных процентов будем иметь следующую зависимость:

$$Z_{15} = Ze^{\frac{5}{100}(t-15)}.$$

Здесь мы приняли, что значение газопроницаемости изменяется на 5% при изменении температуры на 1°C ; e — есть основание натуральных логарифмов; тогда для приведения значений газопроницаемости к температуре 15°C окончательно имеем:

$$Z_{15} = Ze^{\frac{(t-15)}{20}} = Ze^{-\frac{\Delta t}{20}}.$$

Задаваясь последовательно значениями для $Z = 1, 2, 3, 4$ и т. д. и вычисляя соответственно значения Z_{15} по приведенной выше формуле для каждого градуса, можно составить таблицу для приведения газопроницаемости материй к значениям при 15°C , а по ней график, которым удобно пользоваться при пересчете.

Когда баллонную материю испытывают на газопроницаемость при различных температурах, то по приведенным выше формулам всегда можно привести значение этой газопроницаемости к стандартной температуре. Хуже обстоит дело, когда приходится испытывать газопроницаемость оболочек в полевых условиях, при различных условиях влажности. Опыты показали, что увлажненные оболочки могут показать меньшую газопроницаемость, причем оказалось, что оболочки, обладающие довольно значительной газопроницаемостью в сухом состоянии, при увлажнении способны уменьшить эти значения в большей степени, чем оболочки с нормальной газопроницаемостью. Это зна-

чит, что аэростат, оболочка которого не совсем надежна по газопроницаемости, следует обязательно испытывать в просушенном виде, чтобы не получить искаженных значений.

Приведем несколько примеров, которые не имеют значения закона, но дают некоторое представление о влиянии этой влажности на значение газопроницаемости. Значения даны в табл. 28 по данным исследований лабораторий.

Таблица 28

Газопроницаемость в л с 1 м² в 24 часа при 15°С

Наименование материи	Сухая	Вымоченная в воде в течение 30 мин.	Повторное испытание через 48 час.	Примечание
Диагонально-дублированная алюминированная материя . . .	9,2	6,20	7,3	
Уменьшение газопроницаемости в %	—	32,60	20,7	
Однослойная, окрашенная на текстильных фабриках	7,5	3,65	7,3	
Уменьшение газопроницаемости в %	—	51,40	2,7	
Двухслойная диагонально-дублированная материя, окрашенная в желтый цвет	12,7	3,40	12,5	
Уменьшение газопроницаемости в %	—	70,00	1,6	

Влияние чистоты газа на газопроницаемость. Чистота газа оказывает влияние на степень газопроницаемости. В лабораторных условиях с этим вопросом не считаются, так как обычно для опытов газ берется из баллонов, где чистота обеспечена на 98—99%. При испытании оболочек, наполненных газом, в эллинге или полевых условиях при определении газопроницаемости баллонной материи источником газа служит сама оболочка, чистота газа в которой только в первые дни после наполнения достигает 97—98%, а при дальнейшей эксплуатации понижается и достигает 82—85%; такую оболочку освобождают от газа и производят новое газонаполнение. В этих случаях значения газопроницаемости, определенные при помощи полевых приборов, могут не соответствовать тому значению газопроницаемости, которое получили бы при полноценной чистоте. Считают, что степень газопроницаемости резиновых баллонных материй находится в прямопропорциональной зависимости от чистоты газа. В этом случае при определении газопроницаемости оболочек возможны коррективы, которые, однако, будут во много раз меньше, чем влияние температуры на величины газопроницаемости.

Проницаемость воздуха внутрь оболочки. Расход газа, вследствие явления газопроницаемости оболочки нормального каче-

ства, настолько незначителен, что оказывает мало влияния на подъемные качества аэростатов. Даже большой расход может быть всегда пополнен свежим газом. Совсем другое значение имеет чистота газа в оболочке. Здесь уменьшение чистоты газа резко влияет на подъемные качества аэростатов. По мере эксплуатации чистота водорода уменьшается, и в оболочку через баллонную материю проникают кислород и азот. Довольно частое подполнение оболочки свежим газом не останавливает процесса засорения оболочки воздухом, и когда чистота газа достигает 82—85%, то эксплуатация его становится малоэффективной и даже опасной вследствие приближения смеси газа оболочки к смеси, обладающей взрывными качествами. Для прорезиненных оболочек, построенных из двухслойных баллонных материалов, полная перемена газа наступает через 30—40 дней, причем за этот же период времени на подполнение свежим газом обычно расходуется полный объем оболочки.

Газопроницаемость для гелия. Гелий — газ, который привлекает исключительное внимание воздухоплавателей, потому что он не горит и по своим подъемным свойствам весьма близок к водороду. Для прорезиненных баллонных материалов газопроницаемость гелия на 70—80% меньше, чем для водорода. Оболочки, наполненные гелием, также теряют чистоту газа, но здесь есть возможность очистить засоренный гелиевый объем от воздуха и получить гелий первоначальной чистоты. Подобные очистки гелия тем более необходимы, что гелий — довольно редкий газ и стоимость его значительно выше водорода.

Влияние физико-метеорологических условий на сроки службы прорезиненных баллонных материалов. При изготовлении новых баллонных материалов, свойства которых еще не были проверены в эксплуатации, необходимо заранее знать их срок службы и затем уже допускать постройку из них серийных аэростатов. С этой целью новые баллонные материалы, обладающие по весу, прочности, удлинению и газопроницаемости требуемыми качествами, выставляют на воздух (экспонируют) и через определенные промежутки времени проверяют их качества. При экспозиции вес, прочность и в особенности газопроницаемость изменяются. Учитывая результаты воздействия температуры, влажности и солнечного света на экспонируемые баллонные материалы, можно выбирать те из них, которые по сроку службы окажутся наиболее выгодными. С течением экспозиции уменьшается прочность, увеличивается газопроницаемость материалов, поэтому применять их для изготовления оболочек нельзя. Важно установить, в какой период времени те или иные баллонные материалы перешли значения своих норм забракования. Баллонные материалы часто экспонируют на рамах, наклоненных под углом 45°. При этом влиянию воздуха подвергаются наружная и внутренняя стороны материалов. Этот способ применяется для получения сравнительных данных о физико-химических качествах материалов при экспозициях их в одинаковых условиях. Нередко экспози-

цию баллонных материй производят в виде построенных объектов, большей частью в виде небольших сферических аэростатов. Второй способ экспозиции подходит ближе к естественным условиям эксплуатации, в особенности, если аэростаты наполнены газом. В этом случае испытание прочности происходит путем вырезания образцов из оболочек аэростатов; испытание же газопроницаемости можно производить и на самих объектах.

На графике (рис. 193) дана графическая сводка последовательных испытаний баллонных материй при экспозиции на рамах; по оси ординат, в соответствующих масштабах, отложены значения газопроницаемости и прочности; по оси абсцисс — дни экспозиции. Сверху схемы приведены метеорологические условия каждого дня, в который производилась экспозиция. Экспозиции подвергались следующие материи:

Материя № 1 — диагонально-дублированная, весом 345 г 1 м²; диагональный слой окрашен в светлоголубой цвет, на резиновом клею.

Материя № 2 — диагонально-дублированная, весом 385 г 1 м²; диагональный слой окрашен в желтый цвет, на резиновом клею.

Материя № 3 — диагонально-дублированная, весом 335 г 1 м²; диагональный слой содержит алюминиевый порошок, на резиновом клею.

Материя № 4 — диагонально-дублированная, весом 342 г 1 м²; диагональный слой окрашен в коричневую краску, на резиновом клею.

Материя № 5 — однослойная, весом 210 г 1 м², окрашена в желтый цвет.

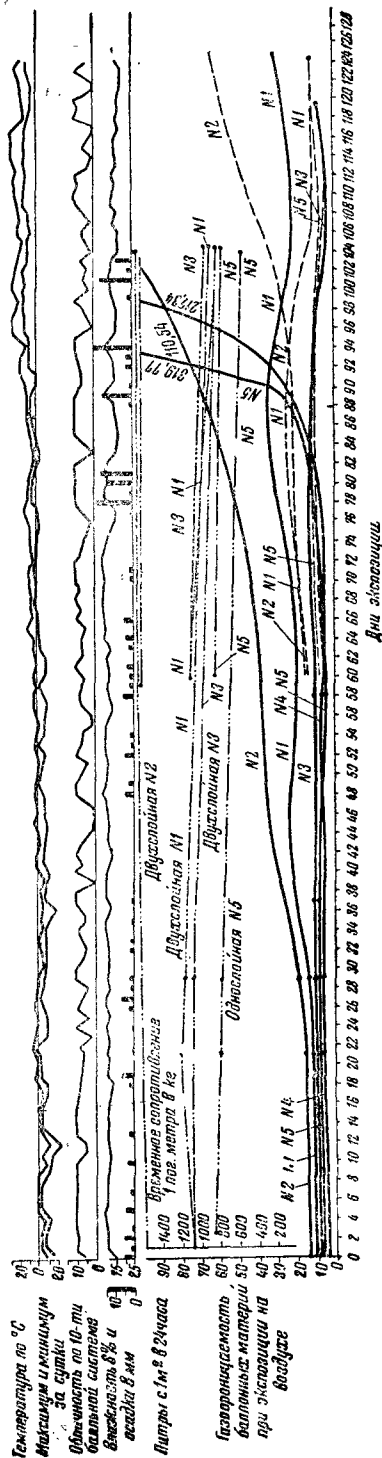


Рис. 193. Газопроницаемость и прочность баллонных материй при экспозиции на воздухе.

Материя № 6 — трехслойная, весом 435 г 1 м²; окрашена в наружном слое в серо-голубую краску, на резиновом клею.

Материя № 7 — трехслойная, весом 385 г 1 м²; не окрашена, наружный резиновый слой отсутствует.

На графике (рис. 193) показаны изменения значений прочности и газопроницаемости за 120 дней экспозиции указанных материй и тех материй, экспозиция которых началась через 60 дней после начала экспозиции первой группы. Разница между первой и второй группами материй интересна в том отношении, что первая группа имеет начало экспозиции с зимы, остается весной и переходит на лето, т. е. материал поставлен в достаточно жесткие температурные и световые условия; вторая группа имеет начало экспозиции при температурах выше 0° и сразу же подвергается интенсивному солнечному освещению. Значения газопроницаемости образцов первой группы показаны сплошными линиями, второй группы — пунктирными и значения временного сопротивления баллонных материй второй группы — пунктирными линиями с точками.

Не приводя здесь табличных результатов экспозиции, сделаем выводы, которые иллюстрированы приведенным графиком. Значения газопроницаемости баллонных материй по времени экспозиции непостоянны; некоторые материи с течением времени имеют небольшие колебания по значению газопроницаемости, другие претерпевают заметные изменения, и, наконец, третьи совсем утрачивают свои газопроницаемые свойства.

Материя под № 3 является наиболее стойкой, и срок ее службы наибольший. До экспозиции она имела значение газопроницаемости около 8 л с 1 м² в 24 часа при 15° С. Материя по значению газопроницаемости в течение 120 дней экспозиции претерпевает незначительные колебания, которые нигде не превышают 12 л, а к концу 120-го дня экспозиции газопроницаемость не превосходит 6 л. Эти колебания в значениях газопроницаемости довольно часто наблюдаются в экспозируемых баллонных материях; весьма возможно, что эти колебания зависят от суммы метеорологических и физических факторов, воздействующих в данный период на материю; также, повидимому, влияет и степень влажности, которую материя имеет в момент испытания (хотя материя всегда сутки перед испытанием лежит в комнатной температуре). Здесь важен тот факт, что экспозиции всегда подвергается целый ряд разных материй, которые поставлены в одинаковые метеорологические и физические условия. Поэтому одновременные испытания на изменения значений прочности и газопроницаемости дают нам сравнительные данные об изменениях качеств различных материй, поставленных в совершенно одинаковые условия. Экспозиция материи № 3 была продолжена и далее, и она выстояла на воздухе более года, причем значения газопроницаемости (не приведенные на графике) достигли около 40 л с 1 м² в 24 часа при 15° С.

Для этой материи подтвердились и прежде замеченные в эксплуатации качества, что по сроку службы алюминированная материя имеет определенные преимущества.

Материя № 1 за то же время экспозиции претерпевает большие изменения по значениям газопроницаемости. До выставления на воздух она имела значение газопроницаемости около 11 л с 1 м² в 24 часа при 15° С; уже через месяц экспозиции значение газопроницаемости достигло 20—30 л, а в отдельных случаях — 34 л. К концу 120-го дня экспозиции значение газопроницаемости этой материи вновь оказалось в пределах 20—30 л. Дальнейшая экспозиция ее показала, что примерно через год газопроницаемость этой материи стала превышать 40 л с 1 м² в 24 часа при 15° С.

Материя № 2 обладала тем свойством, что через короткий промежуток времени значения ее газопроницаемости медленно, но неуклонно увеличивались независимо от метеорологической обстановки. Через 65 дней после экспозиции значение газопроницаемости достигло 40 л с 1 м² в 24 часа при 15° С, а через 100 дней оно было выше 110 л.

Однослойная материя № 5 хорошо выдерживает экспозицию около 90 дней, после чего наблюдается быстрое разрушение резинового слоя, и значение газопроницаемости достигает 320 л с 1 м² в 24 часа при 15° С.

Материя № 4, диагональный слой которой окрашен в коричневый цвет, перед выставлением на воздух обладала хорошими газонепроницаемыми свойствами, редкими для двухслойных материй, а именно ее значение газопроницаемости было 5 л с 1 м² в 24 часа при 15° С. В течение 80 дней экспозиции колебания по изменению газопроницаемости были незначительны и нигде не превосходили 10 л; далее наступает резкое ухудшение, и к 100-му дню экспозиции значение газопроницаемости этой материи превосходит 217 л с 1 м² в 24 часа при 15° С.

Экспозиция указанных выше материй дает возможность определить, какая материя наиболее выгодна для эксплуатации. В результате этой экспозиции лучшей и вполне удовлетворительной по срокам службы следует признать материю № 3; к типу удовлетворительных надо отнести материю № 1, по сроку службы уступающую материи № 3. Материю № 2 надо отнести к неудовлетворительным типам, так как ее газонепроницаемые качества под воздействием метеорологических условий теряются. Материю № 4 надо прямо признать неудовлетворительной; ее хорошие газонепроницаемые качества в первые периоды экспозиции дают предположительную уверенность в хорошей стойкости, но последующая чрезвычайно быстрая потеря газонепроницаемых свойств резко меняет оценку. Если бы из такой материи был построен аэростат, то через некоторый промежуток времени эксплуатации наступило бы резкое ухудшение газонепроницаемых свойств, что могло бы привести к авариям.

Экспозиция имеет еще и то значение, что все сравниваемые

баллонные материи изготовлены на разных рецептурах или с вариантами одной рецептуры. Результаты испытаний материй, поставленных в одинаковые условия естественного «старения», позволяют выбрать наилучший рецепт изготовления баллонной материи для серийного производства.

Обращаясь к графической сводке метеорологических данных, сопровождающих экспозицию баллонных материй, отмечаем, что на изменение газопроницаемых свойств некоторых материй влияет переход от низких температур к высоким, увеличение осадков, а в особенности увеличение солнечного света. Большое значение, способствующее разрушению баллонных материй, имеют переменное намокание и высыхание баллонных материй (роса) и яркий солнечный свет. Те же материи, выставленные через 60 дней после материй первой группы, экспозицию которых надо отнести к началу весеннего периода, в общих чертах повторили данные экспозиции материй первой группы; так, например, материя № 2 сопротивляется любым метеорологическим воздействиям, материя № 3 обладает теми же хорошими показателями, материя № 1 имеет аналогичные показатели, как и та же материя в первой группе.

Чтобы не перегружать график, там не показаны изменения газопроницаемости и прочности трехслойных баллонных материй № 6 и 7. Первоначальные значения по газонепроницаемости этих материй не превышали $3,5 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°С . Через 120 дней экспозиции значения газопроницаемости не превосходили 4 л ; через $1\frac{1}{2}$ года экспозиции материя № 7 разрушилась, а материя № 6 имела значения по газопроницаемости, не превосходящие $8 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°С .

Наблюдения за изменением временного сопротивления в периоды экспозиции баллонных материй показали, что за 250 дней экспозиции прочность падает в среднем на 12—15%, за год экспозиции — около 25% (для двухслойных материй). Потеря прочности в однослойных материях наступает скорее и за 200 дней экспозиции может достигнуть 30—35%. Наблюдения показали, что в течение года экспозиции уменьшение прочности происходит более или менее равномерно; после года падение прочности идет очень интенсивно и быстро приводит материю к разрушению. Изменение прочности в большинстве случаев не служит мотивом для забракования; из 100% забракования оболочек 80% относится за счет потери газопроницаемых свойств.

Об оболочках шаров-пилотов и шаров-зондов. Эти оболочки также следует отнести к своего рода баллонным материям, несмотря на то, что эти оболочки состоят исключительно из натурального каучука и свойства этих оболочек по прочности, удлинениям, весу, газопроницаемости и влиянию на них изменений температур небезынтересны. Исследования всех этих вопросов для оболочек шаров-пилотов и шаров-зондов почти не освещены в литературе.

Для прорезиненных баллонных материй, где, кроме резины, имеет значение и ткань, газодержащий слой не имеет смысла повышать более 105—110 г/м² (для однослойных и двухслойных материй); при этих условиях значение газопроницаемости будет около 10 л с 1 м² в 24 часа при 15° С; уменьшение веса резины на 1 м² влечет резкое увеличение газопроницаемости, увеличение же приносит мало пользы. Действительно, на какую бы высоту мы ни подняли любой воздухоплавательный объект, всегда отмечаем, что силовую нагрузку несет ткань, а не резиновый слой, не изменяющий своих весовых значений на 1 м² и служащий лишь для сохранения газонепроницаемых качеств.

В шарах-пилотах, шарах-зондах нет силовой ткани, они сами представляют растягивающуюся систему. Но эта растягивающаяся система такова, что с подъемом на высоту вес 1 м² резины уменьшается, а следовательно, увеличивается значение газопроницаемости, одновременно увеличивается объем шара-пилота или шара-зонда, и, в сущности, роль открытого аппендикса выполняется увеличением значений газопроницаемости через стенки шара-пилота или шара-зонда. Здесь мы отмечаем, что перед выпуском этих шаров их аппендикс завязывается наглухо, чего никогда не делают на сферических аэростатах. Отсюда приходим к выводу, что различие между сферическими аэростатами и шарами-пилотами или шарами-зондами таково, что первые не могут изменять своего конфекционного объема, а вторые обязаны изменять его. На высоту подъемов шаров-пилотов, шаров-зондов всегда возлагают большие надежды, но оправдываются они лишь на 5—10%. Причина невыполнения шарами-пилотами, шарами-зондами, радиозондами задач подъема на заданную высоту состоит в неравномерности работы материальной части этих оболочек.

Действительно, резиновый объем в виде сферического аэростата должен иметь правильную геометрическую форму, и только при этом условии напряжения в стенках оболочки будут равномерными и одинаковыми и местные перенапряжения в стенках шарообразного сосуда будут исключены. В практике изготовления оболочек шаров-пилотов, шаров-зондов, радиозондов возможность изготовления оболочки равномерного качества почти всегда исключена. Работники метеорологических станций, прекрасно знают форму оболочки шаров-пилотов и шаров-зондов, которую они принимают перед выпуском их в воздух. При подъемах на высоты эта форма вряд ли исправляется: часть оболочки утоняется нормально, другая часть, из-за неравномерности резины, если и утоняется, то таким образом, что иарушает всю нормальную сферическую форму; отсюда получается неравномерность нагрузки, местное перенапряжение, и авария шара происходит значительно ниже предполагаемого потолка. зует¹.

Значение газопроницаемости натурального каучука зависит от веса резины на 1 м². В шарах-пилотах, шарах-зондах, радио-

зондах это весовое значение при подъемах на высоты в силу увеличения объема шара меняется.

Каждой толщине или каждому весу резинового слоя на 1 м^2 соответствует свое значение газопроницаемости.

Ниже приведена табл. 29, которая, по нашим опытам, согласует все эти величины, причем газопроницаемость дана в л с 1 м^2 в 24 часа при 15°С .

Таблица 29

Толщина резино- вого слоя в мм	Вес 1 м^2 резинового слоя в г при данной толщине	Газопроницаемость с 1 м^2 в 24 часа при 15°С в л	Примечание
0,045	40	70—100	Газопроницаемость мало уменьшается с уве- личением веса резино- вого слоя
0,110	100	12—15	
0,220	200	7—10	
0,330	300	5—8	
0,385	385	4—7	

На значение газопроницаемости температурная обстановка имеет решающее влияние. Табл. 30 это положение характери-
зует¹.

Таблица 30

Газопроницаемость в л с 1 м^2 в 24 часа	Температура в $^\circ \text{С}$
4,0	+ 16
4,2	+ 19
6,1	+ 26
7,5	+ 34

В испытаниях толщина резиновой оболочки оставалась одинаковой. Эти результаты подтверждают закон, что при неизменном весе резины значение газопроницаемости при изменении температуры на 1°С изменяется на 4—5%.

Оболочки шаров-пилотов, шаров-зондов, радиозондов, как и всякие резиновые изделия, требуют соответственного хранения. С течением времени, даже при хорошем, нормальном хранении, наступает старение резины, в силу чего меняются основные качества ее.

Разнообразие в качестве оболочек шаров в основном и является той причиной, что подъем шаров на расчетную высоту редко оправдывается. При высотных полетах совершенно необходимо знать в точные календарные сроки метеорологическую обстановку на высотах. Следует отметить, что резиновые обо-

¹ Данные приведены для шара-пилота, оболочка которого весит 640 г/м^2 .

лочки этой задачи не выполняют, и надо иметь другую материальную часть, которая безотказно выполняла бы эту задачу.

Рассмотрим ряд исследований по газопроницаемости шаров-пилотов и шаров-зондов в зависимости от толщины стенок, веса 1 м^2 резины и температуры. На рис. 194 приведены кривые, характеризующие эту зависимость для шаров-пилотов, оболочки которых окрашены в красный цвет. Эти кривые показывают, что значение газопроницаемости весьма заметно увеличивается при весе 1 м^2 резины ниже 100 г . Значение газопрони-

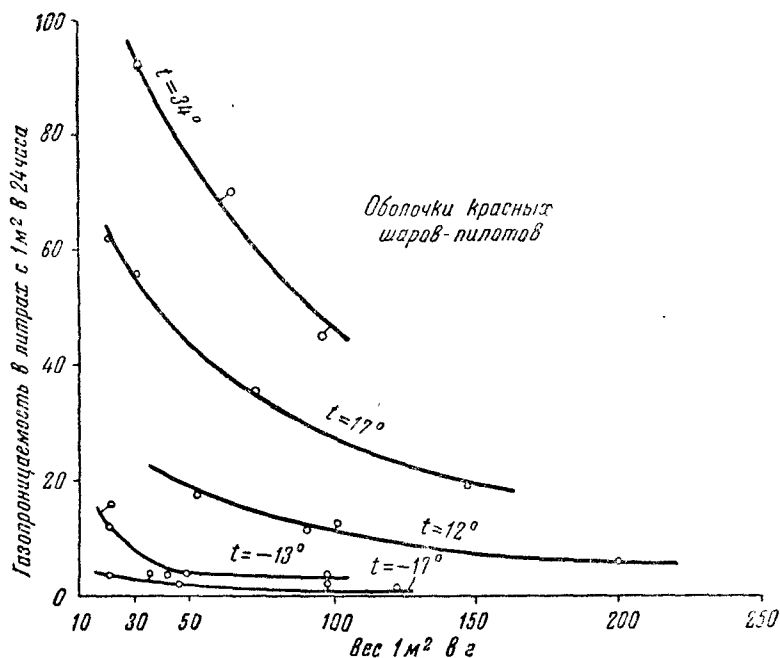


Рис. 194. Зависимость газопроницаемости оболочек красных шаров-пилотов от натяжения и температуры.

цаемости также резко меняется при изменении температур. При высоких температурах газопроницаемость выше, чем при низких. На рис. 195 показана зависимость газопроницаемости от температуры и веса 1 м^2 резины, причем исследованию подвергался шар давнего изготовления (7—8 лет). Высокие температуры, порядка 36°С , дают оболочке шара большое значение газопроницаемости, в особенности когда шар находится на большой высоте. Из этих исследований видно, что при весе 1 м^2 резины в 100 г , когда при нормальных условиях газопроницаемость должна бы быть при 15°С около $10 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа, а при 36°С — не более $18 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа у земли, мы наблюдаем значение газопроницаемости порядка $200 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа.

Здесь необходимо отметить два мало известных нам явления: незнание точного нагрева оболочки шара на высотах и измене-

ние свойств газопроницаемости от степени возраста растянутой оболочки из натурального каучука.

На рис. 195 даны еще две кривые, представляющие зависимость значений газопроницаемости от веса 1 м^2 резины и температур $+17^\circ \text{С}$ и -5°С , причем для старой оболочки эти значения повышены. В основном эти кривые подтверждают выведенные законы, что с понижением температуры значение газопроницаемости понижается и с увеличением веса 1 м^2 резины до

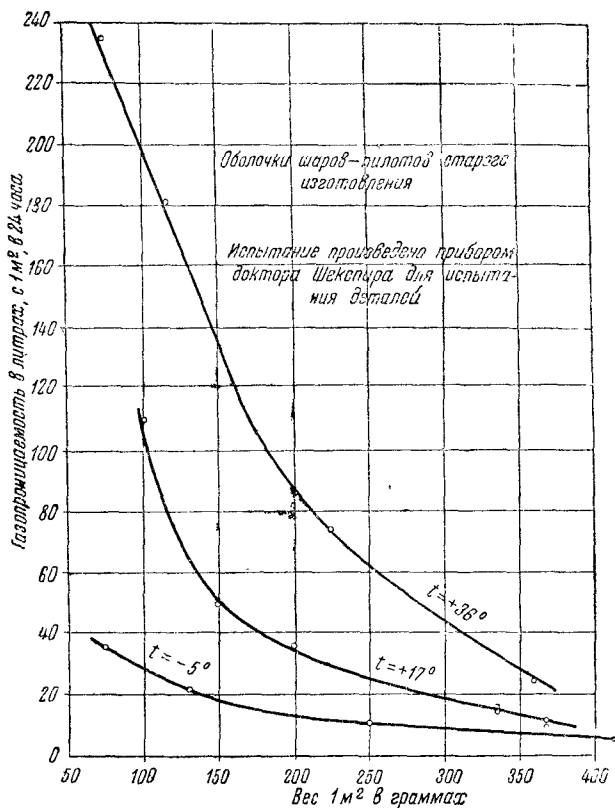


Рис. 195. Зависимость газопроницаемости оболочек шаров-пилотов от натяжения и температуры.

известного предела значение газопроницаемости для оболочек шаров как нового, так и старого изготовления также понижается.

Более надежной материальной частью для безотказного полета радиозондов были бы оболочки, построенные из бумаги. В этом случае при малом весе бумаги, но с достаточными газонепроницаемыми свойствами, можно построить сферический аэростат объемом $600\text{—}700 \text{ м}^3$ при весе материальной части с приборами не более 50 кг и произвести выпуск шара по принципу выпуска стратостата, т. е. с газонаполнением в $1/12\text{—}1/15$ от объема и с открытым аппендиксом.

Заданная высота подъема будет всегда обеспечена, и такой радиозонд может быть выпущен в любые календарные сроки.

Вес прорезиненных баллонных материй. Вес материй складывается из веса газодержащего и защитного слоев резины и веса хлопчатобумажной ткани, примененной для изготовления этой материи. Измерение веса производится в г 1 м^2 . Образцы материи определенного размера ($20 \times 20 \text{ см}$) взвешивают на лабораторных весах и полученные результаты умножают на 25 для получения веса 1 м^2 в г. Этот способ взвешивания требует много времени; скорее и проще измерять вес на специальных рычажных весах, схема которых изображена на рис. 196.

Шкала весов тарирована так, что сразу показывает вес 1 м^2 баллонной материи в г.

Образцы материи для взвешивания имеют размеры $5 \times 5 \text{ см}$ или $5 \times 10 \text{ см}$. Образцы подвешивают на крючок рычажка весов или укладывают в подвешенную чашечку.

Вес баллонных прорезиненных материй не является постоянной величиной и зависит от степени влажности воздуха. Это колебание веса может достигать 2—5% для различных баллонных материй. Перед взвешиванием образцы должны быть выдержаны 1—2 суток в лабораторных условиях и взвешены при нормальной относительной влажности воздуха, причем значение веса 1 м^2 не должно превосходить величин, заданных техническими условиями.

Временное сопротивление и относительное удлинение прорезиненных баллонных материй. Прочность баллонных материй определяется на разрывных машинах путем разрыва полосок шириной 5 или 10 см. Этот метод, целиком перенятый от текстильной промышленности, не вполне соответствует величинам тех напряжений, которые испытывают оболочки воздушных кораблей.

Полоска материи при испытании на разрыв или на промежуточные усилия растягивается только в одном направлении, длинные стороны полоски при этом не нагружены и не испытывают никаких усилий; между тем при эксплуатации оболочек аэростатов или дирижаблей баллонная материя всегда испытывает растягивающие напряжения в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что может привести и к иным значениям прочности. Для конструкторских расчетов необходимо знать значения действительных напряжений, возникающих в оболочке; поэтому метод определения прочности материи на разрывных машинах не должен служить основой для расчета, но при приемке баллонных материй определение прочности путем разрыва полосок на машинах имеет свой смысл. Во-первых, быстрота этого определения и сравнение данных прочности с действующими техническими условиями; во-вторых, приемщик не обязан

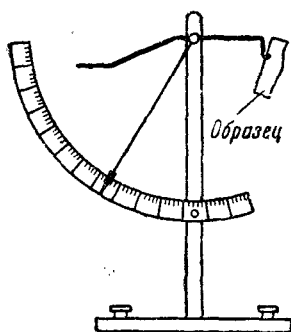


Рис. 196. Схема весов для взвешивания баллонных материй.

проводить сложные исследовательские работы по определению комбинированных напряжений, — это работа лабораторий, которые обязаны дать конструкторским бюро переходные коэффициенты или в каждом отдельном случае производить испытания принятой с завода баллонной материи на специальном оборудовании.

Определение временного сопротивления производится так же, как и для тканей. Укажем здесь только на то, что заводские испытания на временное сопротивление дают значение этого сопротивления и величину относительного удлинения в процентах в момент разрыва, причем это значение прочитывается лаборантами по специальной шкале удлинений или по миллиметровой линейке. В этих случаях, при индивидуальных чтениях, может быть допущена ошибка, так как отметить величину удлинений точно в самый момент разрыва затруднительно, происходит запаздывание чтения, а поскольку индекс шкалы удлинений

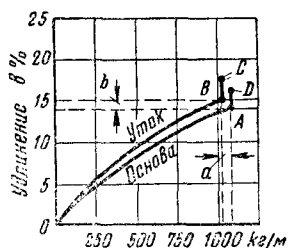


Рис. 197. Диаграмма растяжения диагонально-дублированной баллонной материи.

или индекс миллиметровой шкалы движется и после разрыва образца, то и значение удлинений может оказаться преувеличенным. Чтобы избежать этих ошибок и иметь документы, точно отображающие качество баллонной материи в области деформации при разрыве полосок, необходимо пользоваться диаграммными аппаратами (самописцами), которые дают зависимость удлинений от напряжений, причем эта зависимость указывается кривой от самого начала возрастания напряжений до момента разрыва полосы. В этих диаграммах растяжения, как всегда, по оси абсцисс откладываются напряжения в кг/м, а по оси ординат даются удлинения в процентах. В этих диаграммах важно, чтобы кривые растяжения были представлены по основе и утку, — тогда сопоставление этих кривых сразу даст характеристику баллонной материи по прочности и удлинениям. Когда образец разрушается, то рычаг машины, показывающий величину усилия на образец, сразу перестает двигаться; это резко отображается на диаграмме: плавная кривая растяжений прерывается, и перо самописца начинает писать вертикальную линию под прямым углом к кривой диаграммы. На рис. 197 точки A и B отмечают момент разрушения образцов по основе и утку. Проекция точек A и B на ось абсцисс показывают величину временного сопротивления; проекции их на ось ординат покажут величину относительного удлинения в момент разрыва. При испытании растяжения пользуются диаграммами как документом, причем относительные удлинения берут из Диаграмм, величину же разрывного усилия списывают со шкалы, где автоматически остановился индекс в момент разрыва образца.

Отметим еще одну особенность испытания баллонных материй на разрывных машинах. Если испытание проводится на разрыв

двухслойной диагонально-дублированной баллонной материи (рис. 197), то при разрушении образцов мы будем иметь точки *A* и *B* диаграммы. При дальнейшем растяжении наблюдается быстрый рост удлинений, выражаемый вертикальными отрезками *BC* и *AD*, и нередко бывает, что после окончательного разрушения параллельного слоя материи разрушению начинает сопротивляться диагональный слой, это и отмечено в диаграммах отрезками кривых после точек *C* и *D*, которые повторяют направление основных диаграмм растяжений. В этих случаях за разрушающие усилия обязательно надо считать те, которые соответствуют точкам *A* и *B* диаграммы; эти же точки определяют и относительные удлинения в момент разрыва. На рис. 198 и 199 показаны диаграммы растяжений параллельно-дублированной баллонной материи и трехслойной баллонной материи. Диаграммы показывают, что временное сопротивление и относи-

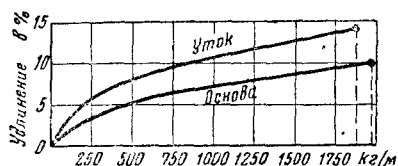


Рис. 198. Диаграмма растяжения параллельно-дублированной баллонной материи.

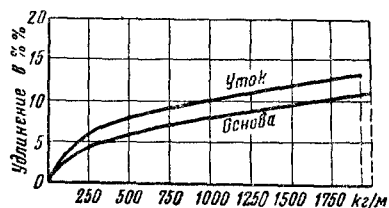


Рис. 199. Диаграмма растяжения трехслойной баллонной материи.

тельные удлинения этих материй почти одинаковы, разница лишь в весе, но не в пользу трехслойной материи. Тем не менее эксплуатационные качества этой материи таковы, что при постройке оболочек дирижаблей всегда выбирают трехслойную материю.

Приборы для определения газопроницаемости. Газопроницаемость определяется в л с 1 м² в 24 часа при 15° С. Как ни странно, до 1927 г. на наших заводах газопроницаемость определяли полные сутки, т. е. из 80 или 100-м куска баллонной материи вырезали образцы, испытывали их 24 часа на архаических приборах, после чего кондиционные куски поступали в конфекцию. В 20-х годах XX столетия профессором, доктором инженерных наук Шекспиром был предложен способ определения газопроницаемости баллонных материй, основанный на принципе мостика Уитстона. Оформление приборов выполнили Кембриджские механические мастерские, которые построили первые приборы. При помощи этих приборов можно с достаточной точностью в течение получаса определять газопроницаемость оболочек, как наполненных газом, так и не наполненных, т. е. в условиях нахождения аэростатов на биваке и в складских помещениях. Так как применение приборов Шекспира нашло широкое применение в воздухоплавании, то мы дадим описание и принцип работы приборов Шекспира.

Аэростатные газы — водород и гелий — в системе всех газов обладают наибольшей теплопроводностью, что имеет решающее значение при пользовании приборами Шекспира. Чтобы иметь представление о теплопроводности газов и о значении теплопроводности водорода и гелия, ознакомимся с табл. 31 этих значений. Обозначим через K количество тепла в граммкалориях, протекающее в 1 сек. через площадь в 1 см^2 при температурном градиенте 1° на 1 см .

Таблица 31

Наименование газа	Темпера- тура в $^\circ\text{C}$	K	$K_{\text{газ}}$
			$K_{\text{воздух}}$
Воздух	0	0,0000566	1,000
	100	0,0000719	1,000
Аммиак	0	0,0000458	0,810
	100	0,0000709	0,980
Аргон	0	0,0000388	0,686
	100	0,0000509	0,708
CO_2	0	0,0000332	0,585
	100	0,0000496	0,690
CO	0	0,0000542	0,958
	0	0,0000496	0,876
Этан	0	0,0003440	6,080
	100	0,0003980	5,530
Водород	0	0,0004160	7,350
	100	0,0004990	6,940

Эта таблица показывает, как резко отличается теплопроводность водорода и гелия от теплопроводности всех других газов.

Приборы доктора Шекспира для определения газопроницаемости баллонных материй и оболочек аэростатов в различных условиях представляют собой целый комплект. Один прибор служит для определения вырезанных образцов, дает достаточно точные показания и находит свое применение в воздухоплавательных лабораториях и на заводах. Другой прибор определяет газопроницаемость не наполненных газом оболочек и рулонов баллонных материй, причем никаких вырезов образцов производить не надо; этот прибор находит большое применение в воздухоплавательных частях и в особенности на заводах. Третий прибор служит для определения газопроницаемости оболочек аэростатов, наполненных газом; он имеет большое применение при эксплуатации и должен быть неотъемлемой принадлежностью воздухоплавательной части. Есть еще четвертый прибор Шекспира, который служит для определения газопроницаемости отдельных точек баллонных материй. Определения газопроницаемости по точкам чрезвычайно точны, и для этой цели применяют зеркальный гальванометр.

Действие приборов Шекспира основано на принципе катарометра — электрического элемента, который чутко опреде-

ляет теплопроводность газов. Катарометр представляет собой электрический прибор, определяющий состав смеси двух газов путем измерения их термической проводимости. Катарометр состоит из двух одинаковых платиновых спиралей, помещенных в латунной оправе (рис. 200). Обе спирали образуют две ветви мостика Уитстона; две другие ветви обычно составляются из манганиновых катушек. Когда электрический ток проходит через мостик, то платиновые спирали нагреваются, причем их температура выше температуры латунной оправы, в которой они помещены; в силу разницы температур происходит передача тепла от проволок к оправе, причем скорость передачи зависит от термической проводимости газов, которыми в данный момент окружены спирали. Одна из спиралей катарометра всегда помещена в постоянном газе, в данном случае в чистом воздухе, а другая в периоды

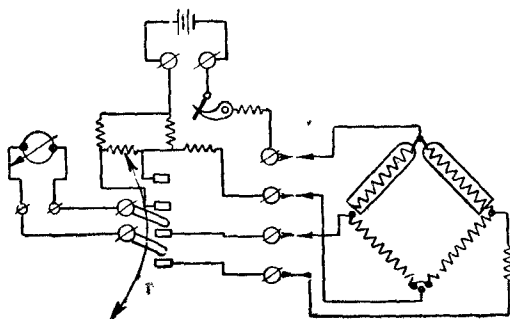


Рис. 200.

опыта на газопроницаемость окружена в каком-то процентном отношении газовой смесью, которую необходимо испытать. Перед началом испытания на газопроницаемость первые две платиновые спирали мостика Уитстона окружены чистым воздухом, и сам мостик балансируется, т. е. электрический ток, проходя по ветвям мостика, возвращается обратно к возбуждатель электродвижущей силы, причем на пути тока никакого отклонения в сторону по токопроводящим каналам не наблюдается.

Совсем другое явление наблюдается, если одна из платиновых спиралей мостика Уитстона окружена не чистым воздухом, а смесью газа, и в особенности обладающего большой теплопроводностью (водород, гелий). В этом случае, на основании исключительной теплопроводности воздухоплавательных газов, резко изменяется передача тепла от нагретой электричеством спиральной проволоки к стенкам латунной оправы, а эта резкая передача тепла изменяет температуру и самой проволоки, по которой проходит ток; если же изменилась температура самой проволоки, то, естественно, изменилось и ее электрическое сопротивление. В то же время синхронная платиновая спираль, помещенная не в смеси газа, а в прежнем воздушном потоке, попрежнему не меняет своих электрических сопротивлений. Следствием этого нарушения является неравновесие мостика Уитстона, и если на границах соединения платиновых проволок с манганиновыми балансами помещен соединяющий электропровод, то электроток в силу неравновесия мостика пойдет по этому проводу. Силу этого тока измеряют чувствительным гальванометром

(индикатором), включенным в этот соединительный провод, а шкалу гальванометра градуируют прямо в процентах H_2 или H_c , которые соответствуют накоплению этих газов в камере, окружающей одну из ветвей мостика Уитстона.

Рабочий ток, применяемый для мостика в приборах для исследования газопроницаемости, имеет нормальную величину в 120 ма. Последователи доктора Шекспира стремились увеличить это значение до 200—400 ма. Это увеличение если и имело свой экономический, а вернее практический лабораторный смысл, то оно уменьшало безопасность эксплуатации при исследовании газопроницаемости аэростатов, наполненных газом и находящихся на биваке. Совершенно естественно, что при соседстве газовых объемов порядка нескольких сотен кубических

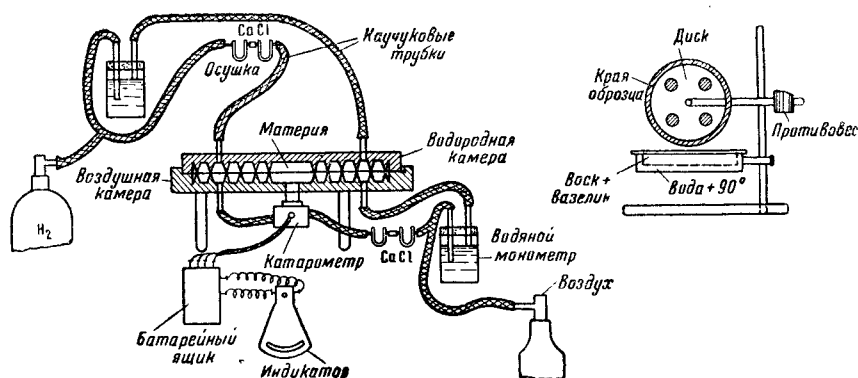


Рис. 201. Схема прибора для испытания на газопроницаемость вырезанных образцов материи.

метров наличие электрических приборов с меньшей силой тока более приемлемо, чем наличие сильного электропитания. Во всяком случае, электрический ток в приборах менее чем 300 ма надо считать для аэростата безопасным. Если катарометр или, проще, металлический сосуд, который заключает в себе мостик Уитстона, приключить к какому-нибудь металлическому объему, величина которого известна, и если в этом самом объеме с течением времени изменяется концентрация газа, то в этом катарометре (мостике Уитстона) также изменяется процентное содержание газа, а это влечет за собой изменение электросопротивлений ветвей мостика Уитстона, что отмечает индикатор.

Прибор доктора Шекспира для испытания образцов баллонной материи на газопроницаемость показан на рис. 201. Он состоит из периметра, катарометра, ящика для аккумуляторной батареи, индикатора (гальванометра), осушительных приборов, манометров и специального прибора для заделки краев образцов материи. Перед испытанием из баллонной материи вырезается круг определенного диаметра, края которого промазывают на 1—1,5 см смесью вазелина с пчелиным воском.

Пропорция смеси составляет $3\frac{1}{2}$ весовых частей вазелина и 1 часть воска; в южных местностях весовую часть воска необходимо увеличивать, например на параллели г. Баку смесь вазелина и воска надо вводить по весовым значениям пополам. Прибор, показанный на схеме рис. 201 справа, предназначен для смазывания краев вырезанного образца смесью вазелина и воска. Он состоит из двух плоских дисков, между которыми зажимается вырезанный образец так, чтобы по контуру края образца выступали на 1—1,5 см.

После постановки образца материи диски опускают в ванну с растопленной смесью вазелина с воском и медленно их поворачивают (4—5 об/мин.). Выступающие края образца материи купают в смеси, и этим процессом подготовку образца к испытаниям заканчивают. После подготовки образец материи помещается в периметр, представляющий собой два диска (или барабан) с концентрическими кругами, которые служат для сохранения неизменной площади образца, способной измениться под давлением газа, и исключают возможность выпучивания.

Зажатый в периметр образец разделяет его на две камеры: воздушную, где ввинчен катарометр, и водородную. Каждая камера имеет по два крана — для впуска и выпуска газа или воздуха. В воздушную камеру ввинчивают доотказа катарометр, нарезку которого предварительно смазывают смесью вазелина и воска. Верхнюю часть периметра (крышку), которая служит в этом приборе одновременно и водородной камерой, накладывают фланцами на такие же фланцы воздушной камеры, на которые предварительно накладывают испытуемый образец. При этом заделанные края образца зажимают между фланцами периметра, а затем его окончательно зажимают четырьмя или шестью укрепленными на окружности периметра винтами.

Перед испытанием образца на газопроницаемость необходимо воздушную и водородную камеры проверить на герметичность, т. е. удостовериться, нет ли утечки газа помимо площади образца, для чего открывают все четыре крана периметра, на которые надеты резиновые трубки, и производят испытание тщательности заделки образца. Для этой цели один кран водородной камеры соединяют трубкой с одним из кранов воздушной камеры; затем один кран соединяют с водяным манометром, а через последний кран в том (через резиновую трубку) вдувают воздух до тех пор, пока разность столбов на манометре не установится на 40—50 мм вод. ст., после чего этот кран закрывают. Первые 2—3 минуты разность столбов в манометре уменьшается, после чего, при правильно заделанном образце, наступает равновесие разности столбов, которое удерживается десятиками минут. Достаточно десятиминутного наблюдения за манометром, и если результаты удовлетворительны, то можно приступать к испытанию на газопроницаемость. В противном случае, если наблюдается быстрое уменьшение разности столбов воды в манометре, необходимо установить причины утечки,

которая может происходить через краники или через нарезку катарометра, или из-за плохого качества заделки краев образца. Обнаруженные причины утечки необходимо немедленно ликвидировать и лишь после этого приступить к испытанию на газопроницаемость.

Испытания образцов необходимо всегда проводить в одинаковой, стандартной температуре. Образцы должны быть в сухом состоянии.

В этом случае применение термостатов, куда можно было бы поместить всю аппаратуру для испытания на газопроницаемость, было бы наилучшим решением вопроса. Просушку образца делают так: в резиновые шланги, соединяющие пермиметр с баллоном водорода или воздуха, включают по две трубки с хлористым кальцием (CaCl_2) или с фосфорным ангидридом (P_2O_5). Газ и воздух поступают через эти трубки в сухом состоянии в пермиметр, проходят вдоль заделанного образца баллонной материи с обеих сторон его поверхности и через другую пару краников выходят наружу. Сухой газ и воздух пропускают в течение 15—20 минут, после чего можно считать, что ткань испытуемого образца потеряла влажность. При испытании температуру необходимо замерить с точностью до $0,5^\circ \text{C}$. В этом случае измерение температуры лучше производить с помощью термопар, спай которых погружен либо в испытываемую материю, либо в газ, омывающий материю при испытании. Определение температур с помощью термопар почти никогда не применяется, и документы официальных испытаний обычно грешат неточностью значений газопроницаемости. Дальнейшее испытание на газопроницаемость требует одного давления в 10—30 мм вод. ст., для учета которого применяют простой манометр или банку с тремя горлышками, в крайние отверстия которой через пробки пропускают стеклянные трубки, а среднее отверстие оставляют открытым. В банку наливают воду, а трубки опускают ниже уровня воды на 10 мм. Эти манометры включаются на тройниках в газо- и воздухопроводы. Перед началом опыта давление газа и воздуха надо регулировать так, чтобы у концов стеклянных трубок, погруженных в воду, не показывались пузырьки. После выхода газа и воздуха из пермиметра в газо- и воздухопроводы включается контрольный манометр, отличающийся от первого манометра тем, что стеклянные трубки опущены на 1 мм ниже уровня воды; «кипение» у концов стеклянной трубки указывает, что газ и воздух протекают через всю систему нормально. Для определения температуры в газопровод непосредственно за пермиметром включают стеклянную трубку с термометром, по которому и определяют температуру за все время опыта.

Когда прибор проверен, электропровода соединены и просушка приходит к концу, можно приступить к самому испытанию на газопроницаемость. Для этого сначала закрывают входной, а затем и выходной краны воздушной камеры пермиметра; краники газовой камеры остаются открытыми.

На заготовленном бланке отмечают начальное показание

индикатора и температуры и пускают секундомер. Через каждые 1 или 2 минуты вновь отсчитывают показания индикатора и термометра.

Испытание считается удовлетворительным, если колебание температуры не превышает $0,7^{\circ}\text{C}$ и разности между соседними показаниями индикатора делаются постоянными, т. е. стрелка гальванометра движется равномерно. Для материй с нормальной газопроницаемостью достаточно вести испытание 15—20 минут; для материй, обладающих большим значением газопроницаемости, время испытаний приходится сокращать, так как скорость движения стрелки настолько велика, что в короткое время она проходит всю шкалу. При нормальных материях испытание заканчивается, когда стрелка индикатора указывает $1\text{--}1,5\%$ H_2 .

Для определения необходимой силы тока, который должен циркулировать в системе аппарата во время испытаний, на шкале индикатора имеется цветная черта. Перед испытанием или во время испытания посредством переключателя проверяют силу тока, причем стрелка гальванометра должна дойти до цветной черты; если же стрелка переходит ее или не доходит, то ее доводят до черты с помощью реостата.

Для определения значений газопроницаемости в л с 1 м^2 в 24 часа при данной температуре служит формула доктора Шеккопира, полученная следующим образом. Обозначим через S содержание водорода в 100 частях смеси за время T минут (т. е. показание индикатора на время T); через A — площадь испытуемого образца в см^2 ; через V — объем воздушной камеры пермиметра в см^3 , тогда $\frac{(100 + S) S}{100T}$ будет равняться увеличению содержания водорода в 1 мин. в 100 частях воздуха и $\frac{(100 + S) S}{100T} \cdot \frac{V}{100}$ будет объем водорода, проходящего в 1 мин. В литрах с 1 м^2 в сутки мы, очевидно, получим:

$$\frac{144 (100 + S) S}{100AT} V.$$

Так как в каждом приборе A и V — вполне определенные величины, то, соединяя в формуле все известные цифровые величины в один коэффициент K , получим окончательную формулу для определения газопроницаемости Z :

$$Z = \frac{K (100 + S) S}{T} \text{ л с } 1\text{ м}^2 \text{ в } 24 \text{ часа,}$$

где S есть показание индикатора за время T минут.

Чтобы не заниматься каждый раз вычислениями, для каждого прибора с определенным коэффициентом составляются таблицы, по которым быстро определяют значения газопроницаемости. В приложении 8 указано, как пользоваться этими таблицами и как приводить полученное значение газопроницаемости к значению при 15°C .

Прибор для определения газопроницаемости невырезанных образцов. Основная часть этого прибора — пермиметр, который разделяется на водородную и воздушную камеры.

Водородная камера расположена в нижней части прибора и снабжена входными и выходными кранами. Воздушная камера помещается в пермиметре, в верхней его части. Для измерения температуры в приборе предлагают применять указанный на схеме рис. 202 специальный круг с термометром. Но определение температур производится посредством термометра, включенного в газопровод непосредственно за выходными крани-

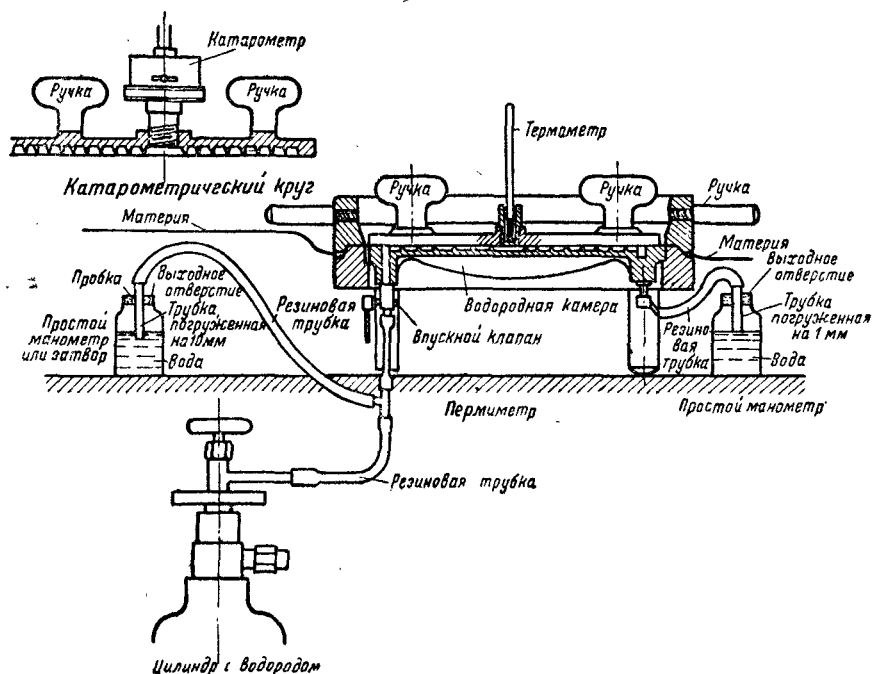


Рис. 202. Схема прибора доктора Шекспира для невырезанных образцов.

ками водородной камеры; последний способ позволяет определить температуру в любое время опыта. Для определения газопроницаемости на фланцы нижней камеры, предварительно смазанные составом для заделки образцов, накладывают ту часть баллонной материи, которую нужно подвергнуть испытанию, причем концы образца могут выступать за фланцы прибора на любую величину, чего нельзя сделать при испытании вырезанных образцов. На нижнюю камеру надевают достаточно тяжелое кольцо, которое и прижимает материю к нижней камере. Края верхней камеры пермиметра (катарометрического круга) также смазывают газонепроницаемой смесью, после чего круг накладывают на материю внутри прижимного кольца.

Входных и выходных краников в этом приборе воздушная камера не имеет, и просушку испытуемого образца здесь не про-

изводят. Поскольку выше мы приводили значение влажности на величину газопроницаемости, необходимо рекомендовать производить испытание оболочек или материй после 30—48 часов нахождения их в условиях нормальной влажности. Водород из баллона поступает через входной краник водородной камеры периметра, причем перед последним на тройнике включается простой манометр, как это было указано для основного прибора; за выходным краником водородной камеры включают термометр и контрольный манометр.

Электрическая часть этого прибора действует так же, как и основного прибора доктора Шекспира. Начинать испытания можно через 1 минуту после пуска газа, причем порядок отсчета и записей такой же, как и при испытании на основном приборе.

Формула для вычисления газопроницаемости на этом приборе следующая:

$$Z = \frac{K(100 + S)S}{T} \text{ в л с } 1 \text{ м}^2 \text{ в } 24 \text{ часа,}$$

где S — показания индикатора за время T минут. Коэффициент K в этом случае прибору не дается, а выводится экспериментальным путем из результатов испытаний на этом приборе многих образцов, газопроницаемость которых заранее определена на более точных приборах.

Прибор для определения газопроницаемости невырезанных образцов нашел большое применение в заводских испытаниях, и ценность его оказалась большой, так как применение его при испытаниях в складских условиях и в частях указывает на его практическое преимущество.

Прибор для определения газопроницаемости оболочек, наполненных газом. Третий тип (рис. 203) прибора доктора Шекспира предназначается для определения газопроницаемости оболочек, наполненных газом, и состоит из диска с ввинченным в него катарометром. Катарометр снабжен более длинными электропроводами. Диск с катарометром снабжается батарейным ящиком и индикатором, установка которых такая же, как и в прежних приборах. Диск в этом приборе служит воздушной камерой; водородной камерой является наполненная газом оболочка. При испытании аэростатов на биваке или в эллинге нужны два наблюдателя. Один из них прикладывает диск прибора к испытываемой части оболочки, причем фланцы диска предварительно слегка смазывают смесью вазелина с воском; другой ведет наблюдение за индикатором и производит записи. Длительность испытаний 6—7 минут, отсчеты по индикатору через 1 минуту. Весьма важно, чтобы во все время испытаний диск был плотно прижат к оболочке, не сползал, что требует достаточного напряжения, удерживающего диск, вследствие чего испытание и ограничено 6—7 минутами. Началом испытаний считается команда первого наблюдателя, правильно приложившего диск к оболочке, после чего второй наблюдатель у приборов включает секундомер для отсчета времени.

Интервалы между отсчетами необходимы в 1 минуту. Вычисления значений газопроницаемости делают по формуле:

$$Z = \frac{K(100 + S)S}{T} \text{ в л с } 1 \text{ м}^2 \text{ в } 24 \text{ часа}$$

и приводят к температуре 15°C .

Прибор имеет исключительное применение в эксплуатации; точность его не очень велика, порядка $1,5\text{--}2 \text{ л с } 1 \text{ м}^2 \text{ в } 24 \text{ часа}$, но вполне достаточна для эксплуатационных условий. Испытание наполненных оболочек обычным, элементарным прибором поставило задачу произвести испытание и не наполненных газом оболочек. Для этого следовало лишь создать второй легкий диск (периметр), который в миниатюре был бы прибором для

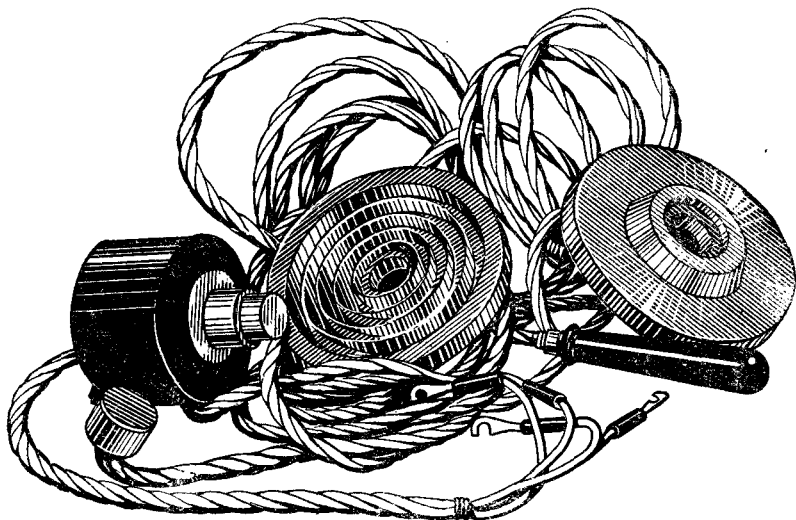


Рис. 203. Полевой прибор доктора Шекспира.

испытания невырезанных образцов. При конструировании нижнего диска нужно было лишь сделать два краника для входа и выхода газа. Верхней крышкой, или так называемой воздушной камерой, служит тот же самый круг (периметр), который применяется на работе для испытания газопроницаемости оболочек в наполненном виде. Нижним диском служит вновь построенный периметр для газового приема. Электропитание и электроизмерители остаются те же. Такой комбинированный прибор должен приобрести особое значение в воздухоплавательных частях; он прост, легок, дает возможность испытывать оболочки в наполненном и ненаполненном виде, что очень важно для складских и полевых условий.

Другие приборы для определения газопроницаемости. На рис. 204 дана схема установки набора с интерферометрами. Этот оптический метод для определения газопроницаемости был

впервые применен в американском бюро стандартов по баллонным материям.

Газовый интерферометр состоит из двух камер, смонтированных вплотную друг к другу; длина камеры — 100 см, площадь поперечного сечения — 1 см². С одного конца в камеры интерферометра от электрической лампочки посылается пучок световых лучей, которые, пройдя через газовую среду камер интерферометра, преломляются в призмах, расположенных у другого конца камер интерферометра, и рассеиваются в виде двух спектров, расположенных один над другим в поле зрения микроскопа, смонтированного у призм. Если в одной камере интерферометра находится газ, например воздух, а в другой — газовая

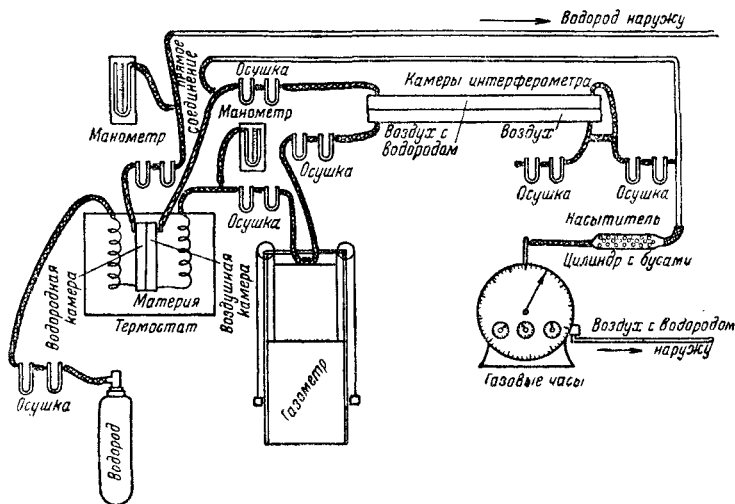


Рис. 204. Схема установки с интерферометром.

смесь, то при помощи спектрального анализа в интерферометрах определяют процентное содержание этого газа в воздухе. Эта установка состоит из барабана, который разделен образцом баллонной материи на две камеры: воздушную и водородную или гелиевую. В процессе опыта водородная (гелиевая) камера наполняется протекающим водородом (гелием), а в воздушной камере создается поток воздуха. Водород (гелий), получаемый из баллона, проходит через осушительные цилиндры и поступает в барабан. Поток воздуха создается или газометром, или баллоном со сжатым воздухом, который также проходит через осушительные цилиндры и затем поступает в барабан. Такой пропуск сухого водорода (гелия) и воздуха вдоль обеих поверхностей образца аналогичен просушке образца в основном приборе доктора Шекспира. Барабан помещен в термостате, где поддерживается постоянная температура. Для контроля давления в поток воздуха включают манометр. Часть водорода (гелия), которая через образец баллонной материи прошла из водородной (гелие-

вой) камеры в воздушную, струей воздуха увлекается в предназначенную для газовой смеси камеру интерферометра, причем до поступления в камеру смесь снова подвергается просушке. В интерферометре посредством оптического метода определяют процентное содержание водорода (гелия) в воздухе, а при помощи газовых часов, включенных после интерферометра, определяют литраж пропущенной смеси. Зная площадь образца, процентное содержание водорода (гелия), литраж пропущенной смеси, определяют значение газопроницаемости испытываемой баллонной материи.

На рис. 205 показана схема прибора французской фирмы «Зодиак». Едва ли этот прибор можно применять для испытания

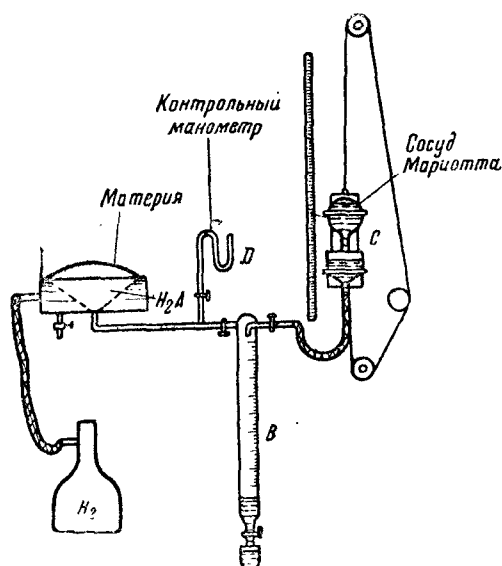


Рис. 205. Схема прибора «Зодиак».

баллонных материй на газопроницаемость в лабораторных и в особенности в полевых условиях; тем не менее его конструкция действительно оригинальна, и автор умно применил основные законы физики. Ограничивая работу этого прибора для исследования газопроницаемости баллонных материй, при массовых испытаниях необходимо отметить его особенное преимущество при испытаниях баллонных материй на газопроницаемость при больших сверхдавлениях в мм вод. ст. Напомним, что нормальным сверхдавлением считают 30—60 мм вод. ст., но иногда сверхдавления могут достигать

250—400 мм вод. ст. Какова же будет газопроницаемость при этих сверхдавлениях — вопрос, который требует изучения, а пока воздухоплаватели мало уделяли ему внимания; обычно возрастанию сверхдавления препятствует клапан, отрегулированный на определенное конечное сверхдавление.

Прибор «Зодиак», в отличие от всех других приборов, дает возможность испытать любую баллонную материю при больших сверхдавлениях. С помощью этого прибора были испытаны швы цельнометаллической оболочки при больших сверхдавлениях, порядка 500 мм вод. ст.; результаты испытаний дали положительные выводы. Так же можно испытать и неметаллическую баллонную материю при больших сверхдавлениях. Опишем кратко свойства этого прибора.

Прибор состоит из газоместителя А, покрытого сверху образцом испытываемой материи. Край образца, во избежание утечки

газа, плотно заделывают, а промежутки между стенками газоместилища и наружным кожухом заливают водой.

Газоместилище соединено при помощи газопровода со стеклянным цилиндром *B*, градуированным на см³ и оканчивающимся внизу краном. Этот цилиндр одновременно имеет сообщение с сосудом Мариотта, представляющим собой воронку с водой, в которую погружена наполненная водой перевернутая колба. Воронка и колба монтированы так, что могут по вертикали передвигаться вдоль миллиметровой линейки. Стрелка, соединенная с воронкой, показывает по линейке, на каком делении установлен сосуд Мариотта. Газопровод, кроме того, соединен с контрольным манометром *D*, отмечающим давление газа в мм вод. ст.

Перед началом опыта газ пропускают через газоместилище в цилиндр и после такой продувки закрывают нижний кран цилиндра и вводной кран для газа, так что некоторый объем газа остается заключенным в газоместилище под испытуемым образцом, в газопроводе и цилиндре. Далее, путем передвижения сосуда Мариотта по вертикали, добиваются, чтобы некоторое количество воды из воронки через соединительные трубки поступило в цилиндр и заняло в его нижней части некоторый объем, от которого можно начать отсчет по градуировке цилиндра. Вода, израсходованная из воронки, сейчас же пополнится из колбы, так что уровень воды в воронке опять будет прежним. Передвижением сосуда Мариотта устанавливают теперь таким образом, чтобы стрелка у воронки показала на миллиметровой линейке количество миллиметров, соответствующее давлению (в мм вод. ст.), при котором желают произвести испытание.

По контрольному манометру проверяют, что действительно установилось требуемое давление газа. Отмечают деления у уровня воды градуированного цилиндра, температуру и оставляют прибор на 1 или 2 часа.

При утечке газа через поверхность испытуемого образца изменяется давление газа в приборе, которое сейчас же восстанавливается притоком воды из сосуда Мариотта в градуированный цилиндр, так что объем газа, заключенного в цилиндре и остальных частях прибора, уменьшается, а давление остается прежним. Через установленное время делают вновь отсчет по уровню воды в градуированном цилиндре и по разности второго и начального отсчетов определяют количество приточной воды в см³.

Пусть поверхность испытуемого образца будет равна n м², время опыта — K часов, объем воды в цилиндре за время опыта — m см³, тогда газопроницаемость Z в л с 1 м² в 24 часа будет:

$$Z = \frac{24}{K} \cdot \frac{m}{1000} n = 0,024 \frac{m \cdot n}{K}.$$

При испытании на этом приборе совершенно необходимо, чтобы во все время опыта была постоянная температура или ее изменение не превосходило 1° С.

Лабораторный прибор для определения газопроницаемости баллонных материй, обладающий большой точностью, основан на принципе сжигания газа. Прибор этот состоит из барабана, разделенного испытуемым образцом материи на две камеры. Вместо барабана иногда применяются два стеклянных конуса, прилегающих основаниями один к другому, где и зажимается образец баллонной материи. В одной из камер вдоль образца протекает водород, в другой камере вдоль материи протекает воздух.

В силу газопроницаемых свойств баллонной материи часть водорода проходит через образец в воздушную камеру, где ее увлекает поток воздуха; далее, смесь пропускается через осушительные трубки CaCl_2 и сухая смесь поступает в стеклянный цилиндр с платинированным асбестом, который подогревается пламенем горелки. В трубке от сжигания смеси получается вода. Цилиндр подвергается взвешиванию на точных весах до и после сжигания, чем определяется изменение веса за счет воды, и по этому изменению вычисляют количество водорода. Так как площадь образца баллонной материи и количество сожженного водорода известны, можно вычислить и газопроницаемость баллонной материи в л с 1 м^2 в 24 часа.

Старинным прибором для определения газопроницаемости баллонных материй являлись весы Ренара-Сюркуфа (в настоящее время они не применяются). Прибор представляет собой чашечные весы, где на одной из чашек смонтировано газоместилище (цилиндр), закрытое сверху образцом испытуемой баллонной материи, другая чашка весов уравнивается гирями. Под образец подводится некоторый объем газа, который и остается в течение 24 часов. В силу газопроницаемых свойств баллонной материи часть газа проходит через материю, равновесие весов нарушается, и это нарушение по делениям отклонения отмечают стрелки весов. Зная площадь образца, температуру, давление, значение газопроницаемости пересчитывают в обычных единицах. Такие весы требуют много времени на испытание, в которое трудно добиться однообразия температуры, если весы не помещены в термостат; незначительные же отклонения температуры отражаются на величинах значений газопроницаемости.

Таблица физико-механических значений прорезиненных баллонных материй. Определение временного сопротивления, относительного удлинения в момент разрыва, веса и газопроницаемости прорезиненных баллонных материй характеризует качества материй, и по мере соответствия этих качеств поставленным техническим требованиям материя или принимается для дальнейшей постройки из нее оболочек аэростатов, или бракуется. На заводах производят определение качества материй по приведенным выше методам, причем редко пользуются диаграммами растяжений, приводя только значения относительных удлинений в момент разрыва образцов.

Аэростаты выполняют различные функции, и сроки службы их различны; поэтому и применяемая для их постройки баллон-

ная материя разнообразна по своим качествам. Приведенная ниже табл. 32 дает представление о первоначальных основных физико-механических качествах баллонных материй, которые применяются для постройки оболочек аэростатов.

Таблица 32

Наименование материи	Временное сопротивление в кг/м		Относительное удлинение в момент разрыва в %		Вес 1 м в 2	Максимальная газопроницаемость в л с 1 м ² в 24 ч. при 15°С
	основа	уток	основа	уток		
Хлопчатобумажные						
Однослойная, неокрашенная	800	750	7—11	9—15	210	12
Однослойная, окрашенная	800	750	7—11	9—15	220	12
„ „ „	700	700	8—12	9—14	190	15
„ „ „	600	600	8—12	8—12	175	15
„ „ „	500	480	5—10	9—15	160	40—50
„ „ „	300	300	4—9	7—12	140	100
Двухслойная диагонально-дублированная	1 100	1 000	10—14	12—16	340	10
То же	600	550	6—10	8—15	270	12
„ „ „	440	440	6—9	9—12	240	20
„ „ „	520	500	6—9	9—12	250	20
„ „ „	580	550	6—9	9—12	260	15
„ „ „	750	700	6—10	8—12	300	12
„ „ „	1 400	1 300	8—12	10—14	355	10
Двухслойная параллельно-дублированная	2 200	2 200	8—12	10—14	355	10
То же	1 200	1 100	6—9	8—15	270	12
„ „ „	600	600	4—9	7—12	230	50
Трехслойная	2 000	1 800	8—12	10—15	470	4
„ „ „	1 800	1 600	8—12	10—15	430	4
„ „ „	1 300	1 200	6—10	8—12	390	4
„ „ „	1 000	900	5—9	8—13	350	6
Шелковые						
Однослойная	750	800	14—18	10—15	140	10
„ „ „	600	600	10—16	8—12	105	25—50
Двухслойная, диагонально-дублированная	900	750	14—16	14—16	150	25—40
То же	650	650	14—17	12—16	120	75—100
Данные заграничных баллонных материй:						
Хлопчатобумажных						
Однослойная	800	650	10—15	14—19	235	20
„ „ „	800	750	11—15	14—18	200	35
„ „ „	800	600	11—13	14—16	180	40
„ „ „	700	500	5—7	10—15	120	50
Двухслойная диагонально-дублированная	1 000	1 000	15	16	330	10
То же	1 050	1 000	13—15	15—17	335	10
„ „ „	700	700	8—11	10—15	275	15

Наименование материи	Временное сопротивление в кг/м		Относительное удлинение в момент разрыва в %		Вес 1 м в 2	Максимальная газопроницаемость в л с 1 м ² в 24 ч. при 15°C
	основа	уток	основа	уток		
Двухслойная диагонально-дублированная	900	850	10—15	15—21	300	15
То же	1 400	1 400	10—13	12—16	355	10
" "	800	700	5—8	10—15	270	12
" "	1 000	1 100	5—9	10—14	400	6
Трехслойная	2 100	1 850	12—15	12—15	440	3,5
" "	1 400	1 200	6—10	10—15	380	5
Шелковые						
Однослойная	580	600	10—12	13—15	85	70—150
" "	600	600	13—15	13—15	90	40—80
Газгольдерная, хлопчатобумажная	1 000	1 000	8—12	10—15	500	5—6

Совершенно естественно, что вследствие большого разнообразия хлопчатобумажных тканей при изготовлении баллонных материй можно получить и другие сочетания, которые дадут и другие показатели их основных качеств. Баллонные материи, имеющие большую разрывную длину, изготавливаются из лучших хлопчатобумажных тканей и имеют большой срок службы.

Бодрюшированные баллонные материи. В настоящем изложении невозможно обойти специальные баллонные материи, которые служили главным образом для целей управляемого воздухоплавания. В свое время управляемое воздухоплавание и в особенности дирижабли жесткой системы потребовали таких газоместностей, которые были бы легки по весу и почти непроницаемы для подъемного газа. Прекрасным материалом для непроницаемых оболочек жестких воздушных кораблей послужили пленки из слепой кишки быков и коров. Материал этот получил название «бодрюш» (с французского) и в воздухоплавании обозначает соответствующим образом обработанную пленку со слепой кишки животных. Реже применяют пленку со слепой кишки баранов и свиней в силу ее некондиционности по газопроницаемости.

Применение бодрюша в качестве материала для оболочек газоместностей имеет свою историю. В 1783 г., к которому относится и начало воздухоплавания, во Франции Боманкур выпустил небольшой, наполненный водородом аэростат, оболочка которого была изготовлена из бодрюша. Аэростат имел диаметр около 0,5 м, а следовательно, объем — около 0,06 м³ и поверхность оболочки — около 0,8 м². Если такой аэростат был изготовлен из двойной пленки, то вес всей оболочки с проклеенными швами — около 35—40 г; аэростат такого объема мог поднять 60—70 г. Оболочка аэростата «Аэро-Монгольфьер», на

котором в 1785 г. при попытке перелететь Ла-Манш погиб один из первых воздухоплателей Пилатр де-Розье, также была перекрыта пленками бодрюша.

Длина слепой кишки быка или коровы равна 45—100 см, а в диаметре 5—10 см. Внутренности убитого на бойне животного для соответствующей сортировки и очистки от нечистот поступают в первое отделение кишечного завода, обычно находящееся непосредственно на бойне. После очистки от нечистот и слизи слепая (тонкая и толстая) кишка подвергается калибровке и промывке. Отрезанная кишка представляет собой замкнутую с одного конца трубку, от которой отделяют ручным способом бодрюшевую пленку. Для этого вдоль кишки острым ножом делается надрез. После надреза, ручным же способом, очень осторожно, чтобы не разорвать пленку и не получить брака, снимают (стягивают) самую пленку. Так как надрез сделан не до самого замкнутого конца слепой кишки, то после снятия пленки здесь образуется кармашек. После снятия пленку промывают, очищают от слизи, сортируют по размерам и посыпают с обеих сторон мелкозернистой солью, затем надевают их кармашками на палку одна на другую. Двадцать пять таких пленок составляют один пакет; пакеты снимают с палки, скручивают, перевязывают и укладывают в бочки, пересыпая слоями соли, и в такой таре выпускают для продажи. Организации покупают эти пленки и, после соответствующей обработки, из них строят газоместилища жестких воздушных кораблей. Так как засол пленок преследует только цели консервации, то дальнейшая обработка заключается в обессоливании пленок, для чего они много раз промываются, пока в воде не исчезнут следы соли. Промытая в воде пленка имеет скользкую поверхность, хорошо тянется, но часто имеет жировые наросты, которые удаляют скоблением по пленкам костяными или деревянными ножами; после этого пленки промывают в ванне с небольшим содержанием глицерина. Через сутки пленки вынимают из ванны, в мокром виде натягивают на плотную ткань, передают в сушилку, где после высыхания их легко сдирают с ткани в виде тонкого сухого листа. Края сухих пленок обрезают по линейке и получают прямоугольники разных размеров — от 10×45 до 25×90 см. Сухие пленки сортируют по размерам и склеивают. Кроме того, одиночные пленки, обладая хорошими газонепроницаемыми свойствами, могут иметь местные дефекты, полученные при обработке, от выпадения жировых комочков и пр., и в этих местах газ будет уходить. Для устранения этих дефектов обычно применяют не одиночную, а двойную бодрюшевую пленку, причем второй ряд пленок наклеивают на первый в перпендикулярном направлении.

Процесс изготовления пленочных полотнищ следующий. Сухие пленки смачивают водой и натягивают на ткань, к которой они в мокром виде хорошо пристают. Для получения полотнища пленок к первой натянутой на ткани пленке присоединяют вторую, но так, чтобы край ее наклады-

вался на смежный край первой пленки на 2 см. В зависимости от площади ткани можно составить пленочные полотнища определенных размеров. Пленки хорошо склеиваются между собой при помощи воды или воды с небольшой примесью глицерина. Для получения полотнищ из двойных пленок на первый ряд наклеивают второй ряд в перпендикулярном направлении. Наклеенные на ткань полотнища пленок просушивают и после сдирают с ткани, затем свертывают в рулоны и отправляют в склад. Временное сопротивление одиночной пленки—60—80 кг/м, двойной—100—180 кг/м; тройная пленка дает более высокие сопротивления разрыву. Склейка пленок водой или водой с глицерином вполне обеспечивает необходимую прочность; при испытаниях на разрыв разрушение происходит не в местах склейки, а в целых местах, причем до момента разрыва расслоения пленок между собой не наблюдается, если они дублированы.

Для изготовления самой бодрюшированной материи необходимо полотнища пленок наклеить на силовую ткань, в большинстве случаев хлопчатобумажную. Временное сопротивление ткани выбирается от размеров баллонетов и принятого коэффициента безопасности. Наклеивание на ткань производится специальным составом, в который входят: вода, желатин, глицерин, креозот, едкий натр. Так как полотнища пленок мало сопротивляются влажности, сам клей гигроскопичен, то изготовленную бодрюшированную материю покрывают предохранительным лаком, после чего материя поступает для постройки баллонетов.

Бодрюшированная материя может быть однослойная или двухслойная (по числу слоев ткани). Обычно однослойная бодрюшированная материя применялась для постройки баллонетов жестких воздушных кораблей, но всегда с двойным рядом пленок, причем пленочный слой обращен внутрь газоместности, а ткань наружу. Окончательно тип бодрюшированной материи не установлен, большое значение имеет здесь выигрыш в весе при сроке службы около двух лет. Известны случаи изготовления оболочек только из одного бодрюша, без применения ткани, но в этих случаях оболочка состояла из полотнищ в 8 слоев бодрюшевых пленок. Англичане применяли в качестве оболочек для баллонетов жестких воздушных кораблей слегка прорезиненную ткань с наклеенными на нее резиновым клеем пленками бодрюша. В Германии во время войны 1914—1918 гг., вследствие недостатка пленок от слепой кишки крупного рогатого скота, применялись пленки от свиней и баранов или пленки от тонких кишок быков и коров; газонепроницаемость таких пленок удовлетворительная, но они обладают большим весом. Изготовление бодрюшированной материи производится главным образом вручную, так как это производство очень трудно механизировать; поэтому стоимость бодрюшированных материй высока.

Для постройки баллонетов жесткого воздушного корабля объемом 100 000 м³ потребуется пленки от одного миллиона голов крупного рогатого скота. В нижеследующей табл. 33

приведены средние значения физико-механических качеств пленок и бодрюшированных материй.

Таблица 33

Наименование материи	Временное сопротивление в кг/м		Относительное удлинение в %		Вес 1 м ² в г	Газопроницаемость в л с 1 м ² в 24 часа при 15° С
	основа	уток	основа	уток		
Однослойная бодрюшированная баллонная материя	650	600	6—10	10—16	160—180	0,01—0,3
То же	1 000	1 000	7—12	10—15	180—200	0,01—0,3
Двухслойная диагонально-дублированная материя .	700	650	7—12	10—15	225	0,01—0,3
То же	1 100	1 000	7—12	10—15	240	0,01—0,3
Двухслойная параллельно-дублированная материя .	1 300	1 200	8—12	10—16	240	0,01—0,3
Однослойный бодрюш . .	условно					
	60	80	5—8	5—8	4—16	Неопределенно
Двухслойный бодрюш . .	100	180	15—18	15—18	26—33	0,01—0,5
Трехслойный „ . .	200	350	15—18	15—18	40—55	0,01—0,5

Лакированные баллонные материи. Лакированными баллонными материями называются такие, которые по своим свойствам (весу, газопроницаемости) заменяют прорезиненные и бодрюшированные баллонные материи. Устойчивых оболочек из лакированных баллонных материй с двухлетним сроком службы на сегодня еще нет. Лакированные баллонные материи представляют собой ткань, преимущественно хлопчатобумажную, покрытую лаком, который и придает материи газонепроницаемые свойства.

Прежде широко применялся масляный лак, основой которого служило льняное масло; при помощи этого лака получали вначале эластичную газонепроницаемую материю с небольшим весом и небольшой прочностью, в зависимости от прочности выбранной ткани, но при эксплуатации такая материя, особенно при высоких температурах, твердеет, газодержащий слой трескается, и оболочка перестает быть надежным газоместителем. Масляный лак лучше применять не как самостоятельную пленку, а как вспомогательное покрытие прорезиненных оболочек, газопроницаемость которых сделалась настолько значительной, что их дальнейшая эксплуатация невозможна. В этом случае покрытие масляным лаком возвращает оболочке прежние хорошие газонепроницаемые свойства, и ее можно вновь допустить в эксплуатацию на 1—1½ месяца.

Покрытие лаком увеличивает вес 1 м² оболочки на 40—50 г, причем если газопроницаемость была порядка 800—1 000 л с 1 м² в 24 часа при 15° С, то после покрытия это значение газопро-

нищаемости может снизиться до 20—25 л; при газопроницаемости 500—600 л это значение, после покрытия лаком, может быть доведено до 6—10 л. Оболочку, покрытую масляным лаком, желательно не складывать и эксплуатацию проводить до момента разрушения лакового слоя, после чего новое покрытие почти бесполезно, так как увеличение веса сильно отразится на потолке аэростата.

Эфиروцеллюлозные лаки, которые известны как покрытия тканей для крыльев самолета, не применяют при изготовлении лакированных баллонных материй в воздухоплавании, потому что такие материи жестки и обладают коротким сроком службы.

Желатиновые баллонные материи всегда привлекали внимание исследователей, работающих в области воздухоплавания. Слой желатина, обладая малым весом и высокими газонепроницаемыми свойствами, казался, должен был решить задачу об идеальной баллонной материи с газопроницаемостью 2—4 л с 1 м² в 24 часа при 15° С, однако желатин обладает такой гигроскопичностью, которая ликвидирует его основные качества по газонепроницаемости. Отсюда вывод о необходимости защиты желатинового слоя лаками или резиной, которые препятствовали бы разрушению основного газодержащего слоя; таких вариантов было испытано много, но для целей воздухоплавания они недостаточно удовлетворительны; поэтому применение таких материй является пока проблемой. Подчеркивая малое применение лакированных материй для оболочек привязных сферических аэростатов, а также для дирижаблей мягкой и полужесткой систем, надо оговорить, что применение подобных или комбинированных материй для газовых мешков жестких дирижаблей будет вполне возможным. Ввиду того что бодрюшированная материя является очень дорогой и почти исключает механизацию ее производства, любая лакированная или комбинированная баллонная материя, при современной технике производства, имеет преимущества перед бодрюшированной материей. Газовые же мешки жесткого дирижабля, находящиеся под наружной обтяжкой каркаса, не подвергаются непосредственному влиянию внешних условий, что ставит оболочки этих мешков (баллонетов) в более благоприятные условия в сравнении с оболочками привязных сферических аэростатов и оболочками дирижаблей. В силу этого применение лакированных или комбинированных баллонных материй для оболочек газовых мешков уже и сейчас имеет место и может вполне заменить бодрюшированную матерью.

Однако прорезиненные баллонные материи, применяемые до сих пор в привязном и управляемом воздухоплавании, обладающие хорошими качествами по эластичности, сроку службы и относительно небольшой газопроницаемости в первые периоды эксплуатации, уже перестают удовлетворять некоторым основным современным требованиям, в особенности в привязном воздухоплавании.

Первое новое основное требование к баллонным материям

современного типа — это требование исключительно малой газопроницаемости, почти нулевого значения и в редких случаях достигающего $1 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа, в то время как прорезиненные новые баллонные материи имеют $7\text{—}10 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа при 15°С . Этому требованию удовлетворяют новые лакированные или комбинированные баллонные материи, которые мало подвергаются воздействию внешних метеорологических условий. Сущность этого требования заключается не в том, что газопроницаемость, положим, в $10 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$ в 24 часа представляет собой большое значение по величине (так, например, с оболочки змеевого аэростата объемом 300 м^3 расход газа составлял бы при этом значении $3\text{—}5 \text{ м}^3$ в сутки, т. е. величину ничтожную), а в том, что при большем значении газопроницаемости скорее портится и чистота газа в оболочке, что требует более частого обновления его.

Указывалось, что в прорезиненных оболочках за 40 дней эксплуатации их требуется двойной объем газа для подполнения и нового наполнения. Такой расход ложится тяжелым бременем на газовое хозяйство воздухоплавательных организаций, в особенности в полевых условиях, независимо от того, каким образом добывается газ. Отсюда совершенно естественно и требование об ограничении расхода газа, которое зависит только от оболочки, построенной из материи с ничтожной газопроницаемостью, т. е. оболочки, отвечающей всем требованиям газохранилища.

Мало создать оболочку с хорошей газонепроницаемостью, необходимо, чтобы качества по газонепроницаемости сохранились, как минимум, не менее шести месяцев, при условии эксплуатации под воздействием внешних метеорологических факторов. В Советском Союзе уже есть ряд опытных образцов новых баллонных материй с газопроницаемостью менее $0,5 \text{ л с } 1 \text{ м}^2$. Это достижение является результатом упорного и настойчивого труда, но в смысле сроков службы для оболочек, непосредственно находящихся в воздухе, предстоит еще ряд настойчивых исследований для окончательного решения в разрезе современных требований.

Вторым современным требованием к баллонным материям, в особенности идущим на постройку змеевых аэростатов, является облегчение веса. Если легкость веса и прежде ставилась как основное требование ко всем летательным аппаратам, то теперь, и тем более в воздухоплавании, борьба за каждый грамм облегчения веса баллонной материи является необходимостью. Повышение потолков или уменьшение объемов змеевых аэростатов требует облегчения веса материальной части и в особенности веса оболочки. В этом отношении в прорезиненных баллонных материях мало возможностей на облегчение веса без потери газонепроницаемых свойств; поэтому нужно создать новые лакированные, комбинированные или иные баллонные материи, могущие решить эту задачу. Заметим, что опытные образцы новых непрорезиненных баллонных материй с исключительно малой газопроницаемостью дают уменьшение веса до

20%, что в переводе для потолка обычного змейкового аэростата объемом 300—350 м³ дает повышение потолка от 600 до 800 м.

Третьим требованием, предъявляемым к современным баллонным материям, является обязательное снижение их стоимости. Прорезиненные баллонные материи довольно дороги, в особенности диагонально-дублированные материи, где процесс приготовления косякового слоя мало механизирован. Кроме того, на дороговизну влияет и стоимость самой ткани.

Лакированные баллонные материи, изготавливаемые из той же ткани, могут быть немного дешевле или одинаковы по стоимости с прорезиненными баллонными материями, но с преимуществом по весу и по газонепроницаемости. Изготовление оболочек для аэростатов заграждения из однослойной баллонной материи дало бы большое преимущество и в весе и в стоимости, а изготовление подобных аэростатов из лакированных или комбинированных баллонных материй может дать преимущество и в газонепроницаемости. Поэтому в этих случаях вполне целесообразно пойти и на сокращение сроков службы таких оболочек до полугода, при условии их способности хорошо сохраняться на складах.

Поскольку лакированные и комбинированные баллонные материи получены пока только в виде опытных образцов, укажем лишь такие однослойные материи, которые, в зависимости от применения ткани, имеют временное сопротивление от 500 до 900 кг/м, при весе 1 м² от 160 до 200 г и газопроницаемости от 0 до 2 л с 1 м² в 24 часа. Временное сопротивление этих материй можно повысить, применяя более прочные ткани, но в связи с этим соответствующим образом повысится и вес.

Заканчивая краткое описание лакированных баллонных материй, укажем, что многое еще в этих материях не изучено; мало известно, с какой скоростью эти материи «стареют» в условиях нормальной эксплуатации, как отзывается на газопроницаемости изменение температур, как действительно меняется чистота газа в этих оболочках при эксплуатации, каково влияние переменной влажности на слой пленки, защищающей газодержащий слой, условия хранения лакированных оболочек на складах и пр. Все эти вопросы должны быть подвергнуты детальному изучению так же, как это было сделано для прорезиненных баллонных материй.

Другие баллонные материи. Нельзя обойти и некоторые другие баллонные материи, применение которых имеет большие перспективы в воздухоплавании.

Совпреновые баллонные материи. Совпрен представляет собой каучукообразный продукт, на клеях которого может быть получен ряд баллонных материй. Совпреновые баллонные материи обладают малой газопроницаемостью — до 3 л с 1 м² в 24 часа. Кроме того, эти материи обладают большой стойкостью к «старению», что весьма важно для воздухоплавания. Применение таких оболочек в американской военной авиа-

ции подтвердило их хорошие свойства. По опытам советских инженеров, совпеновые баллонные материи, изготовленные на хлопчатобумажной ткани прочностью 500—550 кг/м, дали значенные газопроницаемости от 0,8 до 1,2 л с 1 м² в 24 часа при весе 1 м² от 190 до 195 г. Такая малая газопроницаемость, при условии устойчивости к внешним воздействиям, должна значительно уменьшить снабжение оболочек газом при эксплуатации, и поэтому необходимо серийное производство таких материй.

Тиоколовые баллонные материи. Синтетический продукт — тиокол — дает пленки, обладающие исключительно малой газопроницаемостью. Значение газопроницаемости тиоколовых баллонных материй достигает 0,6 л с 1 м² в 24 часа, и кроме того, эти материи живучи. Эти два основных качества тиоколовых баллонных материй вызывают особое к ним внимание. Опытные образцы советских материй на американском тиоколе типа «Д» дают вполне удовлетворительные результаты, и ближайшая задача — организовать производство серийных тиоколовых баллонных материй на советском тиоколе.

Целлофановые баллонные материи. Целлофан (гидрат целлюлозы) стал известен как материал для упаковки мороженого, гастрономических изделий, конфет и пр. Целлофан обладает прекрасными газонепроницаемыми свойствами (почти нулевого значения), причем целлофановая пленка имеет небольшой вес — 25—40 г/м². Временное сопротивление целлофана составляет в среднем 6 кг/мм² при среднем относительном удлинении, в зависимости от направления, 12—18%. Пленки целлофана очень устойчивы при низких и высоких температурах. Если к этим качествам прибавить еще дешевизну целлофана, то его применение при изготовлении баллонных материй — весьма заманчивая перспектива. Попытки изготовить из целлофана небольшие опытные оболочки не увенчались успехом, так как при конфекции полотнища целлофана получают повреждения, на перегибах и углах появляются трещины, и основное свойство целлофана как газонепроницаемого материала пропадает.

Лучшие свойства имеют образцы целлофановых баллонных материй, когда пленки целлофана приклеивают на хлопчатобумажную ткань различными клеями. Тогда можно получить однослойную или двухслойную баллонную материю с нулевой газопроницаемостью. Постройка опытных оболочек из этих материй имела неплохие результаты; временное сопротивление зависело от прочности применяемых тканей, а поскольку целлофан сам обладает хорошим удлинением, то и рабочее растяжение ткани не отражалось на газонепроницаемых свойствах пленки, так как целлофан следовал этим растяжениям. Экспозиционные данные также удовлетворительны. Одним из минусов целлофановой баллонной материи является его способность с течением времени давать усадку, что вызывает повреждение пленки при складывании и снятии оболочек, а следовательно, и исчезновение основных газонепроницаемых свойств. Еще не выяснено, через какой промежуток времени начинается потеря основных качеств

целлофановой материи, какие факторы больше всего влияют на старение, какие наилучшие складские условия необходимы для хранения целлофановых оболочек, и мало известен срок службы таких оболочек. После определения срока службы, хотя бы и укороченного в сравнении с прорезиненными материями, целлофановые баллонные материи должны занять не последнее место в воздухоплавании по своим преимуществам в весе, газонепроницаемости и дешевизне.

Бумажные баллонные материи. Бумага — материал, который давно исчез из поля зрения воздухоплателей. Тем не менее как материал для постройки оболочек змейковых (метеорологических) или сферических (радиозонды) аэростатов, выпускаемых в полет без людей, бумага должна занимать не последнее место. Стоимость бумаги во много раз дешевле хлопчатобумажной ткани, вес ее меньше, а прочность вполне достаточная. Временное сопротивление различных сортов бумаги, которые могли бы служить для целей воздухоплавания, колеблется от 200 до 700 кг/м при весе от 30 до 80 г/м². Газопроницаемые свойства различной специально не обработанной бумаги колеблются в чрезвычайно больших пределах — от 30 до 1 000 л с 1 м² в 24 часа. Путем специальной обработки бумаге можно придать любые газонепроницаемые свойства, причем вес бумаги соответствующим образом увеличится, но он всегда будет меньше любой прорезиненной, построенной на хлопчатобумажной ткани баллонной материи. Газонепроницаемых свойств бумаги можно добиться и наклеиванием на нее целлофановой пленки. Бумажные баллонные материи не являются еще вполне обработанным материалом, да и опытные изыскания в этом направлении невелики, но перспектива иметь бумажную оболочку, материя которой имела бы ту же прочность, что и легкая ткань, незначительную газопроницаемость и вес на 35—40% более легкий, чем прорезиненные оболочки, уже ставит вопрос о необходимости настоячивых работ в этом направлении. Баллонная материя из бумаги может состоять из одного, двух, трех и больше бумажных слоев, склеенных между собой. Большую трудность представляет придание бумаге сопротивления раздираемости в различных направлениях; для этого необходимо, чтобы волокна в бумаге не были расположены в одном направлении. Придание бумаге эластичности, необходимой как при силовых условиях, так и при конфекции и хранении, также затруднительно. Срок службы бумажных оболочек может быть относительно и небольшим, но упрощенная постройка и дешевизна материала должны компенсировать укороченные сроки службы.

Заканчивая очерк всех баллонных материй, необходимо остановиться на одном важном обстоятельстве — на необходимости сопротивления аэростатных материй высоким и в особенности низким температурам. В военном воздухоплавании наполнять, складывать и хранить оболочки приходится в любых условиях, и иногда в исключительно тяжелых; в этих случаях задача

инженеров-материаловедов заключается в том, чтобы дать воздухоплавательным частям такую материальную часть, которая позволяла бы работать при температурах $\pm 50^{\circ}\text{C}$.

Ряд институтов решил эту исключительно трудную задачу, которая позволит работать с материальной частью воздухоплавания в полевых условиях — при температурах от $+50$ до -45°C .

35. Резиновые шнуры растягивающейся системы

В последнее время для высотных аэростатов конструкторская мысль остановилась исключительно на применении в оболочках растягивающейся системы. Эта система основана на применении резиновых шнуров различных типов, заключенных в хлопчатобумажную оплетку и без оплетки. Шнуры в оплетке состоят из пучка резиновых нитей, имеющих поперечное сечение большей частью в 1 мм^2 , причем оплетка делается так, чтобы при растяжении шнуров она не мешала растяжению нитей. Цвет оплетки обычно защитный. Чтобы определить время изготовления шнуров, в оплетку вплетают одну или две цветные нити; по предварительному условию, цвет таких нитей заранее обусловлен и соответствует определенному времени изготовления. Цветные нити облегчают распознавание резиновых шнуров по срокам изготовления, что имеет значение при выдаче их со складов. Неоплетенные шнуры бывают круглого или квадратного сечения с различной площадью. Резиновые шнуры изготавливаются из натурального каучука и имеют свои преимущества и недостатки. Хлопчатобумажная оплетка предохраняет пучок резиновых нитей от внешних воздействий, но в то же время она утяжеляет растягивающуюся систему и ставит некоторый предел растяжению резины. Неоплетенные шнуры легче, больше растягиваются, но менее защищены от действия метеорологических условий; небольшое повреждение (надрез, заусеница) таких шнуров влечет за собой разрыв самого шнура, чего не наблюдается при обрыве одной нити в оплетенном шнуре.

Работа резиновых шнуров растягивающейся системы аэростатов происходит в исключительно тяжелых условиях. Прежде всего, перед подъемом аэростат у земли должен обладать определенным сверхдавлением (порядка $17\text{—}22\text{ мм вод. ст.}$), которое может быть достигнуто при определенном объеме влитого в аэростат газа; если шнуры резиновой системы обладают большой способностью растягиваться при малых нагрузках, то этого определенного объема газа в аэростате для создания нужного сверхдавления может и не хватить, и потребуется большее количество газа, т. е. аэростат будет перевыполнен у земли, что может привести к нежелательным последствиям.

При подъемах на высоту необходимо, чтобы резиновые шнуры растягивались равномерно и с большим удлинением; конец этого равномерного растяжения желателен при наибольших нагрузках на шнур, — последнее условие обеспечивает аэростату наибольший потолок.

Эти два условия по существу противоречивы: при растяжениях у земли необходимо, чтобы относительные удлинения шнуров были минимальными, а при растяжениях на потолке — максимальными. Кроме того, максимальная рабочая нагрузка на шнуре не должна выходить за пределы пропорциональности. Резина при растяжении сильно изменяет свое поперечное сечение; при испытаниях шнуров учитывают только нагрузку на шнур и соответствующее ей относительное удлинение.

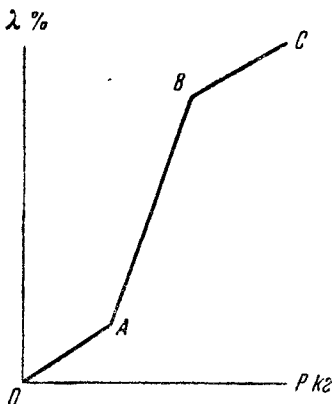


Рис. 206.

На рис. 206 дана схематическая диаграмма растяжения резинового шнура. По оси ординат отложены удлинения в процентах, по оси абсцисс — нагрузки на шнур в килограммах. Вначале нагрузки растут до точки A (отрезок OA) относительно скоро, далее, после точки A , начинается быстрый рост удлинений при равномерном увеличении нагрузки на шнур (отрезок AB диаграммы), после точки B наблюдается быстрый рост нагрузок при малом приросте удлинений (отрезок BC диаграммы).

Наличие в диаграмме шнуров отрезка OA выгодно для эксплуатации; шнуры с такой характеристикой обеспечивают необходимое сверхдавление в аэростате у земли при расчетном объеме; точка B соответствует пределу пропорциональности шнура: чем большим нагрузкам и большим удлинениям соответствует ее значение, тем в более выгодных расчетных условиях будет аэростат. Нагружать шнуры при эксплуатации усилиями, которые соответствуют какому-либо значению на участке BC , не следует, так как это даст небольшой выигрыш в удлинении, а нагрузка выше предела пропорциональности, по удалении нагрузок на шнур, т. е. при возвращении аэростата на землю, повлечет вредные остаточные удлинения. Рассмотрим диаграмму растяжения часто применяемого в эксплуатации оплетенного шнура диаметром 5—6 мм (рис. 207). По оси абсцисс отложены нагрузки на шнур в килограммах, по оси ординат — относительные удлинения в процентах. При нагрузках на шнур в 0,75 кг удлинение его достигает 50—60%, причем линия OA направлена выпуклостью вниз, далее линия AB представляет прямой участок; значению B соответствует нагрузка

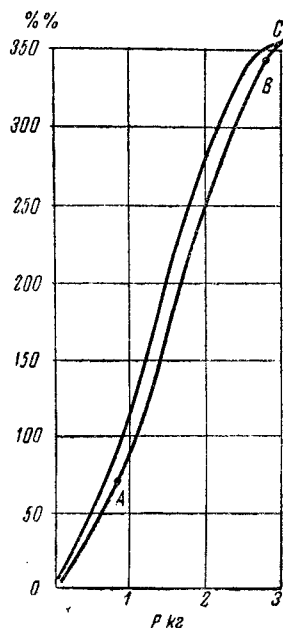


Рис. 207.

на шнур в 2,6—2,7 кг при относительном удлинении шнура 330—340%.

Точке В соответствует предел пропорциональности (здесь эту величину относим не к единице площади поперечного сечения, а к сечению самого шнура, так как за этой точкой начинается перегиб кривой диаграммы — отрезок ВС). Если шнур вскоре после нагрузки, соответствующей точке В, начать разгружать, то получим разгрузочную кривую СО, которая вообще не совпадает с нагрузочной кривой ОАВС. При разгрузке шнура значения относительных удлинений несколько больше, чем это наблюдалось при тех же условиях во время нагрузок (например, при усилии в 1,5 кг на шнур при возрастающих нагрузках относительное удлинение шнура было около 150%, при тех же 1,5 кг во время разгрузки это относительное удлинение было 170—175%). Запаздывание значений удлинений при разгрузке шнура называется гистерезисом, кривая ОАВС — гистерезисной петлей, а площадь, ограниченная этой кривой, — площадью гистерезиса. Чем меньше площадь гистерезиса, тем лучше шнур для эксплуатации. После снятия нагрузок шнур должен принять свою первоначальную длину, т. е. не будет остаточного удлинения или оно будет незначительным. В нашем примере при условиях нормальной температуры остаточное удлинение достигает 3—4%. В условиях же эксплуатации резиновые шнуры растягивающейся системы находятся в более тяжелых условиях. Отметим, во-первых, переменные температуры, колебания которых в различных широтах могут доходить от $+50^{\circ}$ до -50° С, во-вторых, длительные нагрузки в растянутом состоянии, влияние солнечного света и переменную влажность. Все эти обстоятельства не способствуют длительному сроку службы резиновых шнуров, а в некоторых случаях могут привести и к авариям аэростатов. При температурах ниже 30° С площадь гистерезиса шнуров резко возрастает, остаточное удлинение достигает 100 и более процентов. Часто можно наблюдать, что при выборе аэростата на землю шнуры растягивающейся системы обвисают и фактически сама система при выборе не сработала, и если форма аэростата была необтекаемая, с вмятинами, то при сильных ветрах это могло бы привести к обрыву привязного троса.

Эти недочеты заставляют изыскивать новую рецептуру для резиновых воздухоплавательных шнуров, которая обеспечивала бы их нормальную работу при низких и высоких температурах. Надо заметить, что решение этой задачи встречает большие трудности, тем более что и технические требования к воздухоплавательным шнурам очень жестки. Усиленными работами научных учреждений и лабораторий удалось достигнуть улучшения в качествах резиновых шнуров, приближающих их к современным требованиям. Дальнейшие работы в этой области, в особенности по повышению морозостойкости резиновых шнуров, обещают успехи.

Величину предела пропорциональности для других шнуров в оплетке или сплошного сечения находим также из опыта.

Значение этой величины, отнесенной к площади поперечного сечения данного шнура, а не к единице площади, обозначим в кг; ассортимент шнуров по диаметрам невелик, поэтому выбранное условие не представляет затруднений. Для шнура в оплетке диаметром 8—9 мм предел пропорциональности будет 7 кг при относительном удлинении шнура не менее 350—360%; в то же время при нагрузке на этот же шнур в 1,8—2 кг относительное удлинение должно быть не более 80%. Для других шнуров величины усилий могут быть и иными, но должно быть сохранено общее положение: если P кг — нагрузка на шнур при необходимом сверхдавлении у земли, то относительное удлинение шнура при этой нагрузке должно быть не более 80% (желательно и меньше). Предел пропорциональности такого шнура должен быть не менее 3,5—4 P кг (желательно и более), причем относительное удлинение шнура при этом значении должно быть не менее 340—360% (желательно и более).

Максимальная рабочая нагрузка на шнур не должна допускаться выше предела пропорциональности, так как в противном случае получаются нежелательные остаточные удлинения, в особенности при температурах ниже нуля. Выше мы отмечали, что при низких температурах шнуры обладают большим гистерезисом. Опытами найдено, что если по уменьшению или удалении нагрузок на шнур температура повышается, то гистерезис, или остаточное удлинение, значительно уменьшается. Этим свойством можно воспользоваться при эксплуатации аэростатов на морозе, в момент их выбирания, когда температура с понижением высоты повышается; в этих случаях полезно производить выбирание медленно и через каждые 500 или 1 000 м делать остановки на 3—5 минут.

Приемка серийных шнуров, не считая заводского контроля, производится после внешнего осмотра и контрольного испытания их механических свойств; обычно для проверки назначают две нагрузки на шнур: первоначальную нагрузку, при которой относительное удлинение должно быть не более данной в инструкции величины, и конечную нагрузку, при которой относительное удлинение должно быть не менее заданной величины.

Растяжение шнуров производится путем непосредственного навешивания к ним грузов, а определение относительных удлинений производится путем измерения расчетного участка, первоначальная длина которого устанавливается обычно в 100 мм (иногда в 50 мм). Шнуры поступают с заводов в бухтах или мотках; от каждой бухты шнура делают обычно по три испытания; если результаты испытания не соответствуют техническим условиям, испытание повторяется. При неудовлетворительных показателях вся бухта бракуется. Принятые бухты поступают на склад или в производство, где разрезаются на длины, соответствующие аэростатным таблицам, и монтируются на растягивающемся полотнище. Нельзя не отметить французский метод изготовления готовых шнуров для аэростатов. Шнуры выпускаются определенной длины, которая точно соответствует опре-

деленному номеру на аэростате; концы шнура заделаны и снабжены по концам крючками; на шнуре написан его номер. При монтаже на аэростат или смене шнуров нет надобности их резать, а просто нужные номера шнуров надеваются крючками на петли растягивающегося полотнища, помеченные теми же самыми номерами, что и шнуры.

36. Воздухоплавательный такелаж

Для привязных аэростатов основным материалом, кроме баллонных материй и резиновых шнуров, являются веревки. Чтобы привязать аэростат к стальному тросу, необходима какая-то гибкая система, которая равномерно передавала бы усилие с троса на баллонную материю аэростата, или, наоборот, сам аэростат должен передать свои усилия на трос через какую-то промежуточную систему. Этой промежуточной системой в привязном воздухоплавании на 90% являются веревки. Равная прочность оболочки, такелажа и троса является основой для технического расчета, и нет необходимости доказывать, что уменьшение в этой системе коэффициента безопасности может повлечь какие-либо технические выгоды. Срок службы троса и оболочки заставил выбирать такой материал для такелажа аэростатов, который стойко сопротивлялся бы метеорологическим условиям и не терял бы своей прочности. Таким основным материалом для веревок является лен высшего качества, которым так богат наш Советский Союз. Льняное волокно, льняная нить и изготовленные из них льняные веревки должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

- а) оптимальная (максимальная прочность при большом удлинении) работа разрыва;
- б) наимыгоднейшая носкость при работе на трение;
- в) максимальная эластичность.

Практика ниточного производства выработала свои образцы льняных нитей, которые по прочности и эластичности являются лучшим исходным материалом для изготовления веревочного воздухоплавательного такелажа.

Из льняных ниток скручивают пряди, из которых делают веревки. Идеальным типом веревки, пригодной для эксплуатации, является двенадцатипрядная веревка, состоящая из четырех прядей, а каждая прядь состоит из трех прядок. Прядки имеют правую крутку, а пряди — левую.

Средняя крепость льняной крученой нитки достигает 11 кг; если такие нитки скрутить в прядку, то прочность ее не будет равняться сумме прочности всех ниток в прядке. Исследованиями доказано, что прочность такой прядки составляет от 50 до 70% от суммы прочности всех ниток, т. е. если число нитей в прядке равно n , а разрывное усилие каждой нити равно K кг, то прочность крученой прядки будет равняться $0,5-0,7 (K \cdot n)$ кг.

Приводим табл. 34 данных фабрики «Канат» по льняным веревкам.

Диаметр веревки в мм	Количество ниток в веревке	Разрывное усилие нитки в кг	Разрывное усилие веревки в кг	% использования средней крепости нитки в кг	Примечание
3	12	11—11,7	100	70	По расчетному проекту крепости веревки должны быть немного прочнее, но приведенные факты изготовленных изделий заставили принять для эксплуатации фактический материал
4	18	11—11,7	140	66	
5	36	11—11,7	279	66	
6	48	11—11,7	334	59	
8	72	11—11,7	512	61	
10	108	11—11,7	701	56	
12	144	11—11,7	905	54	
14	204	11—11,7	1 235	48	
16	264	11—11,7	1 530	50	

По этим работам, которым предшествовало изготовление многочисленных опытных образцов, составлены технические условия, которые легли в основу для серийного производства. В эксплуатации необходимо знать, какую нагрузку выдерживает веревка, какой ее вес и диаметр; эти данные приведены в табл. 35.

Таблица 35

Диаметр в мм	Количество ниток	Вес 1 м в г	Разрывное усилие нитки в кг	Разрывное усилие веревки в кг	Относительное удлинение в % при разрыве	Длина бухты в м
3	12	6,3	11	100	6	100—200
4	18	9,3	11	140	7	100—200
5	36	20,0	11	260	8	100—200
6	48	26,0	11	330	9	100—200
8	72	40,0	11	500	9	100—200
10	108	59,0	11	700	10	100—200
12	144	80,0	11	900	12	100—200
14	204	120,0	11	1 200	13	100—200
16	264	150,0	11	1 500	13	100—200

При приемке с каждого конца бухты отрезается по 2 м веревки для испытаний, которые заключаются в следующем:

- определение диаметра;
- определение количества ниток;
- определение веса;
- определение разрывного усилия.

В заводских условиях при приемке, путем подсчета количества витков всей пряжи на длине 1 м, проверяется крутка, а также на специальных приборах определяется влажность.

Диаметр веревки определяется промером отрезанного конца веревки штангелем; промер производится по всей длине веревки, но не менее чем в трех местах. Определить диаметр можно и измерением в нескольких местах окружности; для этого берут полоску бумаги, плотно обвертывают ее вокруг веревки и накалывают булавкой. Измеряя расстояние на полоске между двумя наколами получим длину окружности веревки l , откуда диаметр будет равен $d = \frac{l}{\pi}$.

Количество ниток в веревке определяют подсчетом. Определение веса — взвешиванием отрезка веревки на весах с точностью до 0,5 г. Перед взвешиванием необходимо веревку выдержать не менее суток в лабораторных или комнатных условиях с температурой не менее 15° С и относительной влажностью помещения в пределах 50—75%. Зная длину отрезка и его вес, исчисляют вес 1 лог. м. В полевых условиях определение веса можно производить проще; если имеется бухта с биркой, на которой указана длина веревки, то на складских весах взвешивают всю бухту с точностью, присущей данным весам, и после взвешивания определяют вес 1 м в г.

Определение разрывного усилия веревок производится на специальных машинах. Для укрепления образца в клеммы машины существует ряд приспособлений. Есть конические зажимы с насечками, в которые укрепляются концы образца веревки, а сами зажимы могут быть помещены в клеммы машины. Недостаток такого закрепления состоит в том, что при растяжении образцы утоняются, их концы выскальзывают из зажимов, и образец трудно довести до разрыва; поэтому в большинстве случаев для укрепления веревочных образцов применяют приспособления, так называемые «улитки», представляющие собой металлические круги или цилиндры, в бороздках которых помещаются концы испытуемого образца. Надежность крепления в улитках основана на трении веревки о сталь улитки; коэффициенты трения по хорошо отшлифованной поверхности равны 0,13, по шероховатой поверхности — 0,38. При применении улиток разрыв образца происходит между ними и дает действительное значение разрывного усилия. При испытании на разрыв необходимо иметь три образца, выдержанные не менее 24 часов в сухом помещении. Для новых веревок значение разрывного усилия можно определять как среднее из произведенных испытаний; для веревок, бывших в эксплуатации, действительное значение разрывного усилия определяется по минимальному значению.

Рассматривая приведенные в табл. 35 величины разрывных усилий льняных веревок, видим, что разрывная длина их колеблется от 9 400 до 16 000 м, причем чем меньше диаметр веревки, тем больше разрывная длина, несмотря на то, что все эти веревки изготовлены из ниток одинаковой прочности. Так как в этой таблице значения даны для веревок, изготовленных из самого лучшего льна и определенной крутки, то при условии выбора веревок другой крутки и льна более низкого качества

будет и другая разрывная длина, но, учитывая основное требование к веревкам в воздухоплавании — легкость, применять веревки с разрывной длиной менее 8 000 м не следует.

Кроме льняного такелажа, в воздухоплавании применяют еще и хлопчатобумажные веревки, но значительно реже. Разрывная длина таких веревок равна 8 000—12 000 м, т. е. эти веревки обладают хорошими механическими качествами.

Хлопчатобумажные веревки находят применение главным образом в качестве поясных, служащих для удержания аэростата или передвижения его на руках. Эти веревки должны быть большого диаметра, пологой крутки и очень мягкие; наличие их позволяет работать с аэростатом без перчаток и с меньшим напряжением в руках, чем это бывает при других веревках.

Веревки из других материалов для ответственных частей такелажа аэростатов почти не применяют, хотя следует отметить, что для такелажа газгольдеров, аэростатов заграждения, балластных мешков, бивачных веревок вполне целесообразно применять веревочные изделия из других материалов, с немного меньшей разрывной длиной, но более дешевые. Этими материалами могут быть кендырь, рами, крапива и т. п.

Кроме крученых веревок, применяются и другие конструкции: фалы и плетеные веревки.

Фал состоит из пучка параллельных ниток, заключенных во внешнюю оплетку (рубашку). Применение фала иногда имеет место на аэростатах (гусиные лапки), чрезвычайно распространено в такелаже парашютов, и иногда его применяют как вспомогательные веревки. При фале небольшого диаметра, 3—4 мм, оплетка принимает на себя при нагрузке до $\frac{2}{3}$ усилий и сердцевинные нити — около $\frac{1}{3}$ усилий; поэтому весьма важно подбирать сердцевинные нити и оплетку так, чтобы их удлинения и восприятия усилий были согласованы. Контролем согласованной работы служит диаграмма растяжения фала, которая до момента разрыва должна идти ровно, без ступенек, а разрыв происходит одновременно как для сердцевинных нитей, так и для оплетки. В фалах большего диаметра силовая роль оплетки незначительна, основные усилия воспринимают сердцевинные нити; в этом случае оплетка играет роль рубашки и в основном должна лишь следовать удлинениям сердцевинных нитей.

Плетеные веревки в воздухоплавательном такелаже применяют сравнительно мало. Конструкция их состоит из специального переплетения нитей, придающего веревке круглую форму; в то время как рубашка круглого фала может иногда сдвигаться и морщиться вдоль сердцевинных параллельных нитей, в плетеной веревке это явление исключено. При применении скользящей подвески в аэростатах скольжение коушей по фалу будет лучше, чем по крученой веревке, а еще лучше скольжение происходит по плетеной веревке. В этих случаях не надо забывать, что коэффициент трения сухой веревки о сталь равен 0,38.

Изменение механических свойств веревочных изделий. Материал текстильного происхождения по характеру растяжения резко отличается от растяжения металлов и дерева. Незначительные нагрузки уже вызывают в веревочном изделии значительные деформации. На рис. 208 представлена примерная диаграмма растяжения сухого фала, который подвергался ряду последовательных нагрузок. Фал нагружался до своего рабочего усилия и потом постепенно разгружался до нуля. При первой операции остаточное удлинение достигало 2,1%, вторичная подобная нагрузка, с тем же расчетным участком, но взятым на уже вытянутой веревке, дала остаточное удлинение 0,6%, т. е. значительно меньшее, да и сами промежуточные удлинения меньше первых. Третья, аналогичная нагрузка дает еще меньшие промежуточные удлинения.

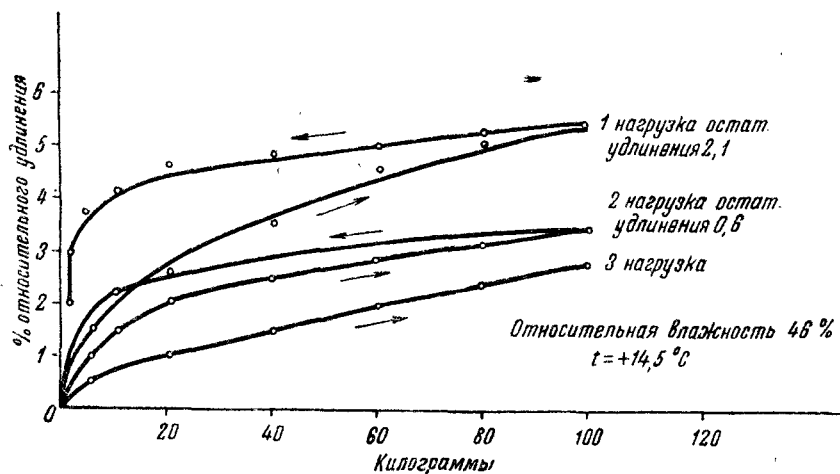


Рис. 208. Влияние повторных нагрузок на удлинение фала.

Данные диаграммы говорят о том, что если бы в производственных условиях размечали и ставили на подвесной и привязной такелаж аэростатов новые веревки без их предварительной вытяжки, то после первого же подъема веревки изменили бы свою длину в системе такелажа и не соответствовали бы расчетным данным. Следовательно, новые веревки перед изготовлением из них частей такелажа необходимо предварительно вытягивать.

При эксплуатации аэростатов, кроме переменных возрастающих нагрузок, части такелажа довольно значительное время могут оставаться и под постоянными нагрузками; кроме того, части такелажа подвергаются воздействию переменной влажности, намоканию и высушиванию. Все эти условия так или иначе отражаются на деформации веревок. На примерных диаграммах (рис. 209 и 210) представлены растяжения хлопчатобумажного и льняного шнуров, сухих, вымоченных в воде и подвергнутых постоянным нагрузкам (от $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия).

Из диаграмм видно, что под влиянием постоянных нагрузок образцы весьма быстро принимают соответствующее нагрузке удлинение. Дальнейшая постоянная нагрузка с течением времени

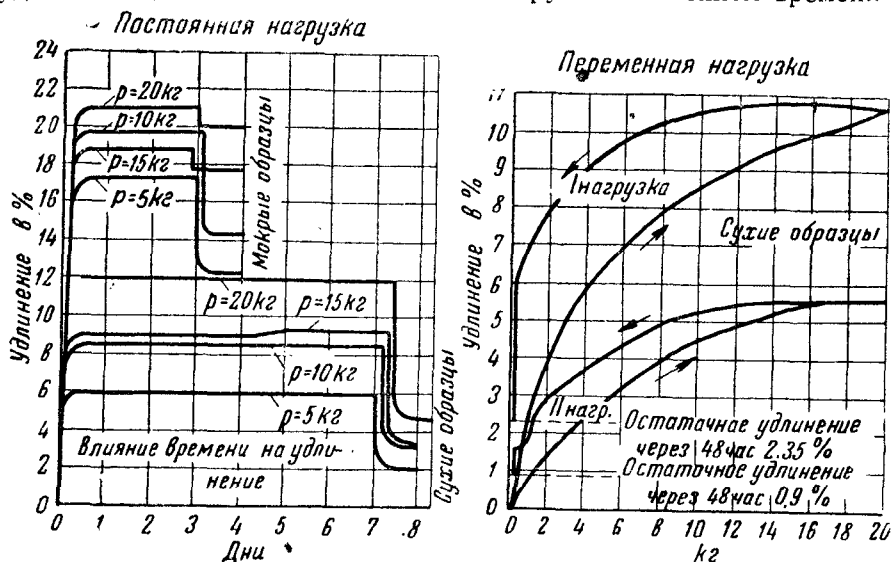


Рис. 209. Растяжение хлопчатобумажного шнура под постоянными и переменными нагрузками.

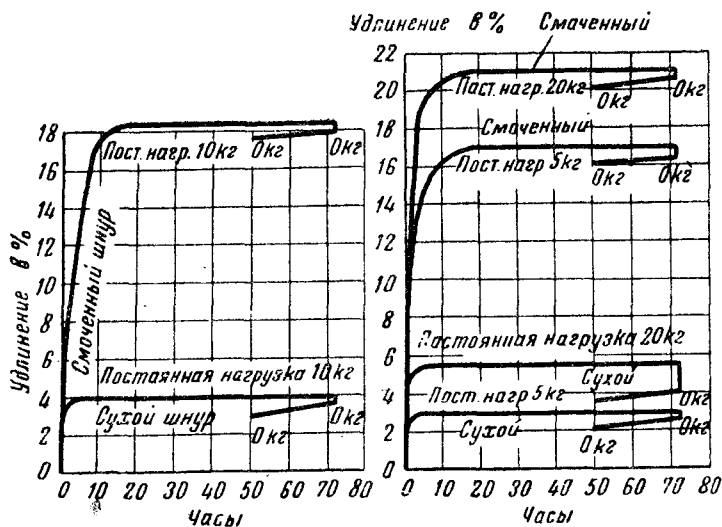


Рис. 210. Деформации льняного шнура под постоянными нагрузками.

мало изменяет величину удлинений. После удаления нагрузок наблюдается остаточное удлинение, которое медленно уменьшается и к концу второго дня, после снятия нагрузок, остается постоянным. Резко отмечается разница между удлинениями и остаточ-

ными удлинениями веревок сухих и вымоченных; последние имеют деформации, значительно превосходящие деформации сухих образцов. Величины деформаций тем больше, чем больше величина нагрузки. Остается решить еще вопрос, сколько же времени необходимо выдерживать веревки под постоянным грузом? Из диаграмм видно, что заметный рост удлинений наступает довольно скоро; практика и опыт показали, что после 45—50 часов прирост удлинений ничтожен и не имеет практического значения. На рис. 211 в диаграммах даны результаты одного из опытов над фалом, из которого видно, что, подвергая фал постоянной нагрузке, действующим различным время, и применяя сухой или вымоченный шнур, площадь гистерезиса можно свести до нуля, что было бы идеальным случаем, но задержало бы по времени производственную подготовку такелажа

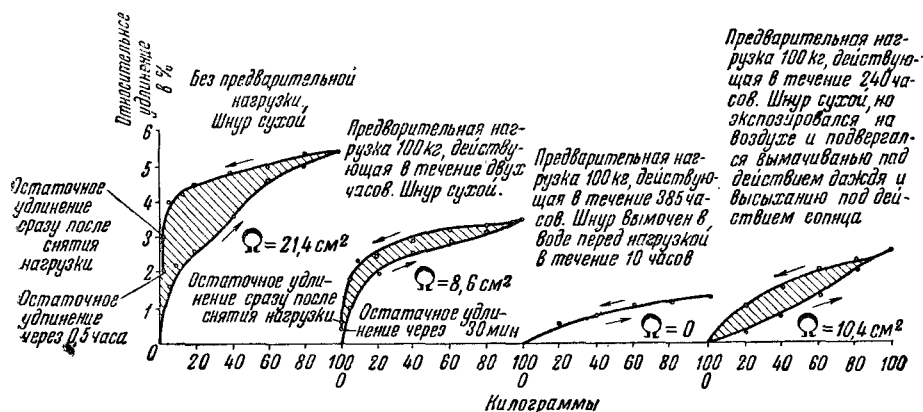


Рис. 211. Изменение гистерезиса фала в зависимости от его обработки.

на заводах. Поэтому достаточно выбрать тот процесс предварительной обработки веревок, при котором площадь гистерезиса уменьшалась бы в три-четыре раза против той же площади необработанной веревки, а остаточное удлинение не превышало бы 0,5% после снятия нагрузок. Предварительный процесс обработки веревочных изделий, перед изготовлением из них частей такелажа, называется дегазировкой. На основании приведенных выше опытов для изготовления частей такелажа, мало изменяющих свои длины в эксплуатации, необходимо произвести дегазировку новой бухты веревки по следующим правилам:

- вымочить бухту в течение 2—3 часов в чистой воде комнатной температуры;
- подвергнуть вымоченную веревку постоянной нагрузке в $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия;
- выдержать веревку под постоянной нагрузкой от 40 до 50 часов;
- после дегазировки и ошпаговки веревки, с двух сторон от места намеченного разреза, резать из нее отрезки такелажа.

При смене частей подвешного или привязного такелажа в полевых условиях надо помнить, что недегатированная веревка принесет мало пользы, поэтому идущий на смену отрезок веревки должен быть дегатирован, хотя бы и примитивным способом.

Влияние перерезывающего действия узлов. В воздухоплавательном такелаже для соединения отдельных элементов между собой применяют специальные узлы, из которых наиболее распространены и чаще применяются: прямой узел, гусиная лапка и сеточный узел. Ряд опытов разрывов веревок, соединенных между собой узлами, показал, что в местах узлового соединения веревка ослаблена и разрушение происходит всегда именно в этом месте.

Нижеследующая табл. 36 приводит данные уменьшения прочности от влияния узловых соединений.

Таблица 36

Наименование веревки	Уменьшение прочности в % от влияния		
	прямого узла	гусиной лапки	сеточного узла
Хлопчатобумажная, крученая	31	23	36
Льняная, крученая	33	32	40
„ плетеная	16	21	30
Шелковый фал	13	17	—

Схемы испытаний даны на рис. 212, где приведена диаграмма растяжения для шелкового фала с узлами и без узлов.

Из данных таблицы видим, что наиболее неблагоприятным является сеточный узел. Плетеные веревки имеют меньшее падение прочности в узловых соединениях, чем крученые. Наименьшее значение из всех потерь в узлах дает шелковый фал.

Влияние эксплуатационных условий на веревочный такелаж. В эксплуатации аэростатов их подвесная и привязная веревочная система, подвергаясь силовым нагрузкам, одновременно подвергается и разнообразному воздействию переменных температур, влажности, солнечного света и т. п. Суммарное воздействие этих явлений, действуя более или менее продолжительное время, вызывает уменьшение прочности такелажа, которое доходит, наконец, до такого предела, что дальнейшая его эксплуатация опасна.

На рис. 213 дана диаграмма результатов специальных опытов над такелажем, подвергнутым силовым и метеорологическим воздействиям. Диаграмма дает сводный результат испытания нескольких сотен льняных и хлопчатобумажных образцов с диапазоном разрывных усилий от 100 до 1 200 кг, которые экспонировались на открытом воздухе в течение года. Нагруженные образцы находились под постоянной нагрузкой в $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия; часть образцов была ненагруженной. Данные сводной диаграммы показывают, что нагруженный такелаж под

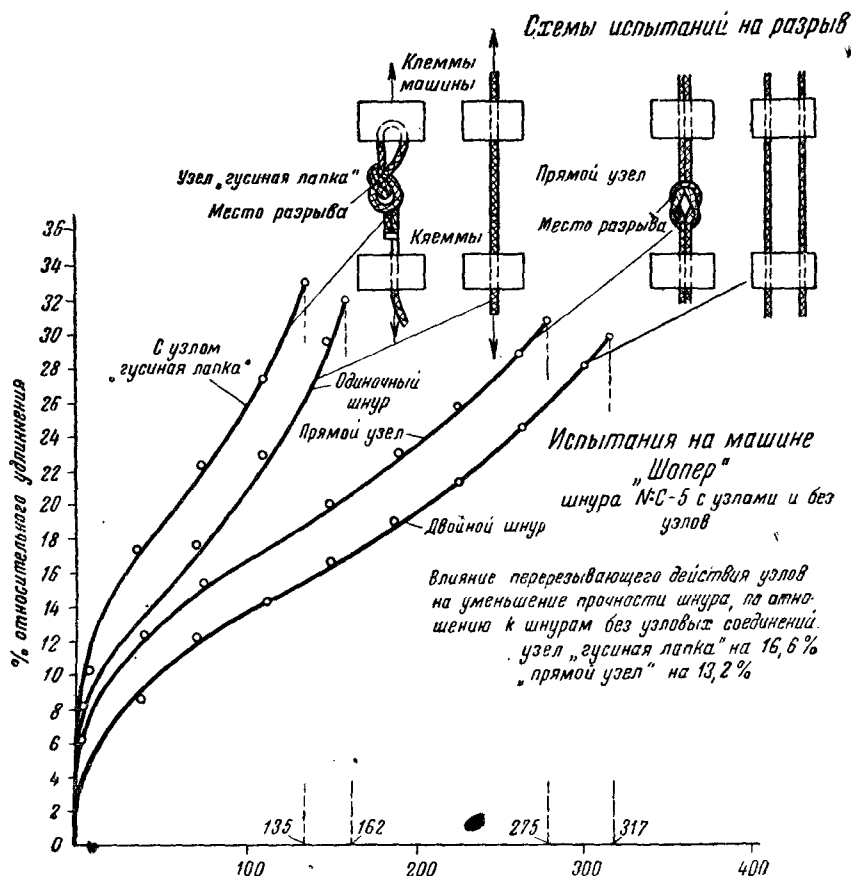


Рис. 212. Влияние узлов на прочность при разрыве.

постоянной нагрузкой медленно изменяет свою прочность и к концу девятого месяца экспозиции уменьшение прочности достигает только 5% от первоначальной. В дальнейшем картина резко меняется: прочность быстро падает, и к концу года потери достигают 30%. У ненагруженного такелажа при тех же метеорологических условиях уже с первого месяца наблюдаются заметные потери прочности; далее эти потери возрастают почти равномерно и к концу года достигают 50%. Эти результаты позволяют сделать вывод, что ответственный такелаж аэростатов выгоднее

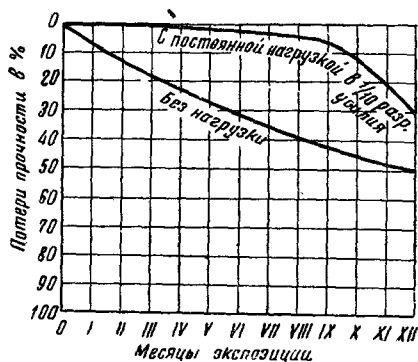


Рис. 213. Влияние метеорологических условий на прочность такелажа.

всегда держать под нагрузкой даже и при стоянке аэростатов на биваке.

Учитывая перерезывающее влияние узлов и потерю прочности при эксплуатации, необходимо отметить, что коэффициент безопасности должен быть не менее 10—12, а нормы забракования для троса должны соответствовать потерям прочности в 25—30% от первоначального разрывного усилия.

37. Тросы для привязных аэростатов

Воздухоплавательные канаты (тросы) изготовляют из стальной проволоки диаметром от 0,3 до 0,5 мм. Проволоку производят из катанки (круглая сталь) диаметром от 5,5 до 6 мм; состав стали регламентирован соответствующим стандартом, в котором указаны пределы содержания углерода, марганца, серы, фосфора, кремния. Первым процессом изготовления проволоки является травление катанки в растворе серной кислоты определенной концентрации. Этот процесс служит для удаления окислы с поверхности катанки. После травления катанку промывают в воде, затем помещают в известковый раствор для нейтрализации кислоты после травления и затем просушивают в сушильных камерах. После просушки следует процесс волочения: катанку пропускают (волочат) через фильеры (коническое отверстие), достигая этим уменьшения сечения катанки и придавая ей соответствующую форму.

После нескольких протяжек проволока делается жесткой, и для дальнейшей обработки ей необходимо вернуть пластические свойства. Это достигается термической (тепловой) обработкой, которая состоит в нагреве проволоки в специальных печах до 800—900° С и отпуске ее путем погружения сразу же после нагрева в свинцовую ванну.

После термической обработки проволока вновь подвергается прежним операциям, с добавлением процесса омеднения, путем погружения ее в раствор медного купороса. Процесс омеднения помогает дальнейшему волочению проволоки. Далее следует новая обработка проволоки в волочильном отделении, где она проходит несколько протяжек, чем достигается новое уменьшение ее диаметра; затем вновь проходит термическую обработку, травильное отделение и окончательные процессы волочения, пока не будет получен нужный диаметр проволоки. После лабораторных испытаний проволока поступает в канатный цех для изготовления канатов (тросов).

Наиболее применяемая конструкция канатов состоит из шести прядей по шести проволок в каждой. Прядь имеет мягкую сердцевину из пеньковой или хлопчатобумажной пряжи, и кроме того, канат имеет один центральный сердечник из той же пряжи. Распространена также конструкция каната из шести прядей по 18 проволок в каждой и семи мягких сердечников. Если проволоки в прядях свиваются в одну сторону, то в самом

канате пряди свиты в обратную сторону. Такая свивка называется крестовой. Конструкции каната имеют свои обозначения; например, конструкция $6 \times 6 \times 0,33-0,35 + 7$ п. с. обозначает, что канат шестипрядный, по шесть проволок в каждой пряди, диаметр проволоки в прядях от 0,33 до 0,35 мм, канат имеет семь мягких пеньковых сердечников, из которых один — центральный.

Пряди изготавливаются в канатном цехе на прядевьющих машинах; из прядей затем изготавливают канаты (тросы) на канатовьющих станках.

Готовый канат, состоящий из пучка проволок, из которых каждая обладает определенным разрывным усилием, не будет иметь разрывного усилия, равного сумме усилий отдельных проволок. Здесь мы наблюдаем определенный процент потери прочности при свивке канатов. По Тимошенко, эти потери могут достигать величины 15%, на практике же они бывают меньше и больше. Большое значение в потерях имеет и временное сопротивление проволок, идущих на изготовление каната, а также и диаметр каната. Чем выше временное сопротивление проволок, тем она менее эластична, и потери при свивке могут достигнуть такой величины, что применение проволок с более высоким сопротивлением бесполезно. В этом случае в производственных процессах необходимо найти оптимум по выбору временного сопротивления для проволок, при котором разрывное усилие всего каната было бы наиболее выгодным. При увеличении диаметра канатов, как и в веревочных изделиях, наблюдается увеличение потери прочности.

Канаты редко могут быть изготовлены без сростов отдельных прядей или сростов самого каната; в этих случаях уменьшение прочности в сростах не должно превышать 2—5%. Все сросты должны быть выполнены по определенным правилам, изложенным в соответствующих инструкциях, без нарушения расположения прядей в месте сроста и правильной работы проволок в этом месте.

Канаты, применяемые для эксплуатации аэростатов заграждения и наблюдения, в зависимости от конструкции и системы аэростатов имеют различные диаметры и разрывные усилия. Диапазон этих усилий в различных канатах находится в пределах от 800 до 4 000 кг, а диаметры — от 3 до 7 мм. В эксплуатации применяют как светлые, так и оцинкованные канаты; вес оцинкованных канатов, при одинаковом разрывном усилии, на 6—9% выше, чем вес светлых канатов. Это увеличение веса снижает разрывную длину канатов, что нарушает основные требования воздухоплавания, но по условиям эксплуатации светлые канаты требуют для своего сохранения частой смазки, а это вызывает прирост веса, часто больший, чем прирост веса от оцинковки; поэтому предпочтительнее применять оцинкованные канаты, которые, кроме того, всегда более надежны при хранении.

Разрывная длина канатов больших диаметров находится в пределах от 21 000 до 25 000 м, разрывная длина канатов меньших

диаметров — от 25 000 до 29 000 м. Совершенно естественно стремление иметь в эксплуатации канаты с большей разрывной длиной, что влечет за собой применение проволоки с еще большим временным сопротивлением. Исследования показали, что канаты, изготовленные из проволок особо высокого сопротивления, имеют вообще меньший, но достаточный для практики срок службы, так что в условиях воздухоплавательной эксплуатации это пока мало ощутительно, но эти исследования уже говорят за то, что разрывная длина канатов должна иметь свой предел, довольно близкий к существующим. Натяжения, которые возникают в канатах во время эксплуатации аэростатов, как правило, не должны превышать половины величины от разрывного усилия канатов.

В отдельных случаях, когда почему-либо этот предел перейден, канаты оставляют в эксплуатации, если максимальное усилие, наблюдаемое в канате, не превосходило 65% от разрывного усилия. В противном случае подобные канаты снимаются с эксплуатации и передаются на лабораторные исследования для определения их годности к дальнейшей службе. В эксплуатационной практике канаты могут получить ряд дефектов: барашки, обрывы проволок, прядей, ржавчина. Участки канатов с барашками вырубаются, и канат сращивается, после чего только допускается к дальнейшей эксплуатации.

Обрыв пряди исправляют также сростом каната; обрыв одной проволоки не ослабляет каната, но за местом, где оборвана проволока, во время эксплуатации необходимо тщательное наблюдение, так как подобный обрыв проволоки, в особенности в канатах из проволок высокого сопротивления, является сигналом того, что в этом месте, после непродолжительной эксплуатации, можно ожидать обрыва других проволок, и если будет обнаружен обрыв двух-трех проволок, то канат надо передать на проверку.

Приемку готовых канатов производят обычно на заводах; проверку физико-механических свойств каната производят лабораторными испытаниями отрезков, и в основном, они заключаются в следующем:

- а) определение диаметра каната посредством обмера отрезков;
- б) определение веса 1 м каната в граммах взвешиванием;
- в) определение разрывного усилия каната посредством разрыва ряда образцов на испытательных машинах;
- г) определение диаметров всех проволок, составляющих канат, посредством обмера их;
- д) испытание всех проволок каната на разрыв.

Канаты, не удовлетворяющие техническим условиям, бракуются. Все основные данные каната — конструкция, вес, разрывное усилие, длина каната, номер и дата изготовления — заносят в формуляр каната, который упаковывается вместе с ним и должен находиться при нем всегда во время его эксплуатации. Формуляр имеет соответствующие графы, куда заносят все необходимые сведения.

Хранение канатов допускается и в неотапливаемом помещении. Помещение должно быть крытое, сухое, с деревянным или бетонным полом и деревянными стеллажами. Канаты при выпуске с завода наматывают на деревянные барабаны и обшивают досками. Деревянный барабан вначале покрывается промасленной бумагой (лучшее парафиновое масло), потом на катушку плотными рядами наматывается смазанный канат, сверху, вновь покрывают промасленной бумагой и затем обвертывают рогожей. Один раз в год канаты проверяются путем перемотки с катушки на катушку; их чистят и смазывают. Смазка должна быть без кислот и щелочей, негигроскопичной и должна сохранять свои свойства в течение длительного времени.

Глава IX

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

38. Испытания моделей

Приведенные выше испытания баллонных материалов на деформацию, в зависимости от напряжений, недостаточны для представления о форме оболочки, которая будет построена из данной баллонной материи. Сама оболочка, подвергаясь воздействию внешних сил, считая и сверхдавление газа, меняет свою форму, и кроме того, длительные нагрузки оставляют свои последствия. С 1911 г. стали применять гидростатические модели, которые и подвергались изучению. Такие модели изготавливаются из той же материи, из которой будет построена будущая оболочка. Модель наполняют воздухом и погружают в бак с водой, или, что удобнее, модель наполняют водой и подвешивают в воздухе. При изучении деформации оболочки на модели в последней в различных точках материи должны быть созданы напряжения, которые были бы равны напряжениям в соответствующих точках настоящей оболочки. Для этого определяют масштаб модели, производят ее постройку, наполняют водой, подвешивают в воздухе с помощью целой системы подвесок и рычагов и изучают деформацию модели, соответствующую деформации будущей оболочки под влиянием внешних сил.

Масштаб модели определяется следующим образом.

Пусть q_1 и q_2 — точки на будущем аэростате на расстоянии h по вертикали;

q_1' и q_2' — точки на модели, соответствующие q_1 и q_2 ;

p_1 и p_2 — сверхдавления в q_1 и q_2 ;

p_1' и p_2' — сверхдавления в q_1' и q_2' ;

K — удельная подъемная сила газа;

K' — удельная подъемная сила воздуха при погружении модели в воду.

По законам гидростатического давления имеем:

$$p_1' = p_2' + K'h'; \quad (a)$$

$$p_1 = p_2 + Kh. \quad (б)$$

Если масштаб модели n , то $h = nh'$; n стремятся выбрать так, чтобы

$$p_1' = np_1 \text{ и } p_2' = np_2.$$

Разделив уравнение (а) на (б) и учитывая значения p_1' , p_2' и h' , имеем:

$$\frac{np_1}{p_1} = \frac{np_2 + K' \frac{h}{n}}{p_2 + Kh},$$

откуда

$$n = \sqrt{\frac{K'}{K}}.$$

Для воды $K' = 1000 \text{ кг/м}^3$, а при $K = 1,1 \text{ кг/м}^3$ получим:

$$n = \sqrt{\frac{1000}{1,1}} = 30,15;$$

для удобства n принимают равным 30, т. е. $K = 1,118 \text{ кг/м}^3$.

Масштаб модели, таким образом, составит $1/30$ натуральной величины, и при сверхдавлении в модели в 30 раз больше, чем в настоящем аэростате, натяжения в материи модели будут точно воспроизведены, а деформации от этих натяжений будут получены на модели в масштабе.

Для полной имитации условий действительных нагрузок на аэростат к модели необходимо подвесить грузы в $1/n$ от веса оперения и других весовых частей снаряжения оболочки.

Между моделью и оболочкой аэростата будут следующие соотношения:

масштаб — $1/n$;

объем — $1/n^3$;

удельная подъемная сила — $\frac{K'}{K} = n^2$;

полная подъемная сила — удельная подъемная сила \times объем = $1/n$;

вес материи — $1/n^2$.

На рис. 214 показан один из опытов с гидростатической моделью. На рис. 215 представлена модель, с которой экспериментировали для получения представления о действительности гипотезы Навье в отношении изогнутых оболочек; для целей специального изучения на модели до деформации были нанесены

круги, после чего модель, наполненная водой, находилась в течение 20 дней в подвешенном состоянии, и изучались соответствующие деформации. Производство подобных испытаний зна-

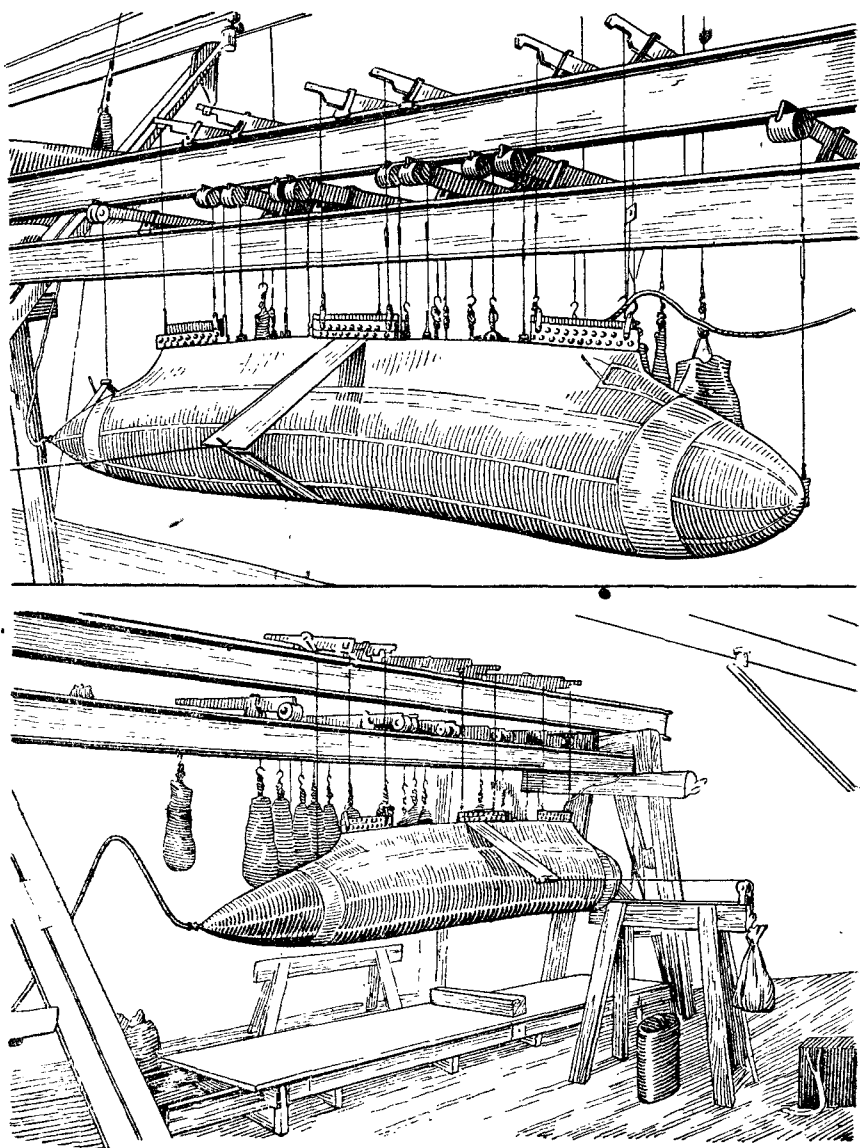


Рис. 214.

чительно облегчает изыскания исследователей и помогает дать правильные ответы о напряжениях и деформациях будущей оболочки.

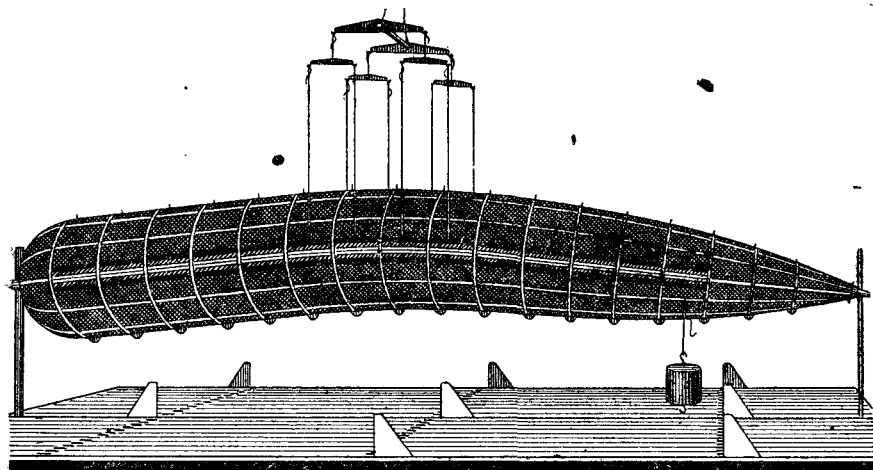
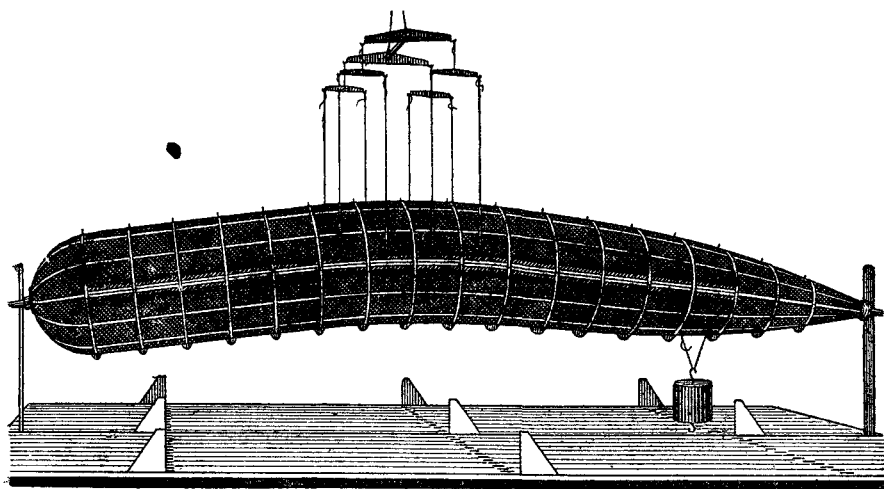


Рис. 215.

39. Нормальная характеристика баллонных материй

В оболочках аэростатов, при наполнении их газом или воздухом, возникают напряжения в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Будем рассматривать эти напряжения в направлениях основы и утка. При наличии таких растяжений отношение напряжения к удлинению в каждом направлении зависит от величины напряжения в другом направлении. Проф. Дарроу обозначил это отношение термином «нормальная характеристика». В лабораторных условиях для определения нормальной характеристики исследуемой баллонной материи простей-

шим способом будет изготовление крестообразного образца материи, растяжение его в двух взаимно перпендикулярных направлениях разными или одинаковыми грузами и измерение изменений длин в этих направлениях. Ряд нагрузок можно произвести на одном и том же образце, каждый раз измеряя изменение длин, или для каждой комбинации нагрузок изготавливают отдельный крестообразный образец; последний способ является наиболее удовлетворительным. В окончательном своем виде нормальная характеристика состоит из двух диаграмм, на каждой из которых представлен ряд кривых, изображающих закон изменения деформаций баллонной материи в зависимости от комбинаций одновременных напряжений по основе и утку. В диаграмме (рис. 216), соответствующей деформациям основы,

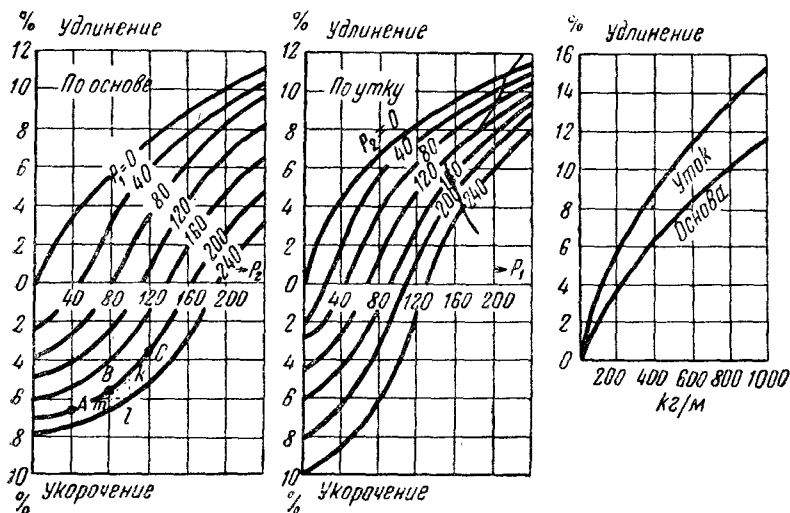


Рис. 216. Нормальная характеристика диагонально-дублированной баллонной материи.

по оси абсцисс отложены напряжения по основе, по оси ординат вверх — относительные удлинения в процентах по основе, вниз — относительные укорочения в процентах по основе. Каждая кривая имеет надпись, обозначающую величину одновременного напряжения по утку. Зная напряжение по основе, отыскивают это значение на оси абсцисс и через это значение проводят ординату до пересечения с той кривой, надпись на которой соответствует одновременному напряжению по утку. Проекция точки пересечения на ось ординат укажет деформацию основы в зависимости от напряжений в двух направлениях. При пользовании этой диаграммой не исключена возможность интерполяции.

В диаграмме, соответствующей деформациям по утку, по оси абсцисс отложены напряжения по утку, а надпись на кривых соответствует одновременным напряжениям основы. Поступая, как и в предыдущем случае, отыскивают деформации утка по

оси ординат, в зависимости от напряжений, в двух направлениях. Крестообразный образец баллонной материи нагружается переменными нагрузками по основе и утку до какой-то определенной величины этих нагрузок. Обычно пределом этих нагрузок является напряжение в $\frac{1}{4}$ от величины временного сопротивления.

В приведенной диаграмме нормальной характеристики баллонной материи справа приведена диаграмма растяжения этой материи, из которой видно, что временное сопротивление по

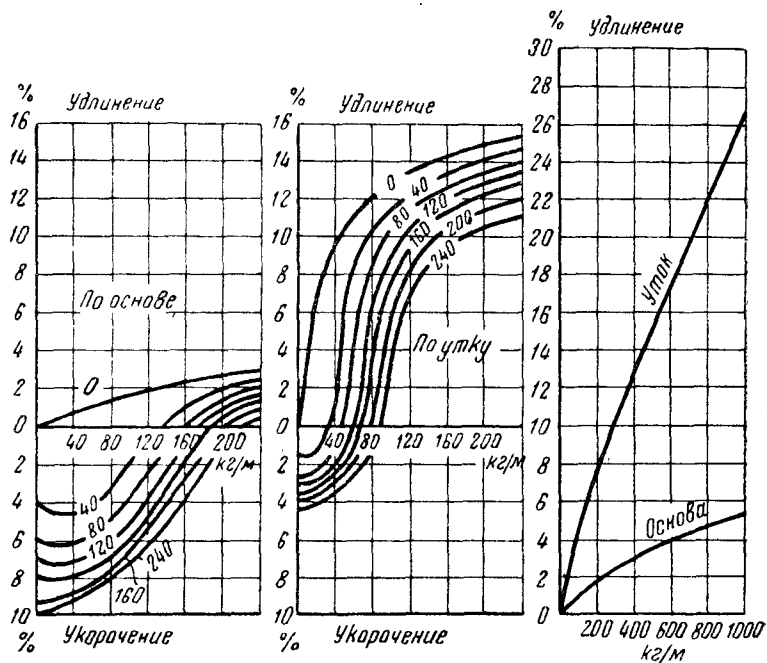


Рис. 217. Нормальная характеристика дефектной материи.

основе и утку составляет около 1 000 кг/м и удлинения основы и утка довольно близки друг к другу. Поэтому, при определении нормальной характеристики материи, предельная нагрузка была принята в 240 кг (около $\frac{1}{4}$ от 1 000 кг) с переменами нагрузок при каждом новом измерении длин крестообразного образца через 40 кг. Материя, нормальная характеристика которой представлена на разбираемой диаграмме, по данным практики, является удовлетворительной, т. е. такой, где деформации оболочки не выходят из расчетных предположений конструктора. Так как деформации утка несколько больше деформаций основы (диаграмма растяжений) при одинаковых напряжениях, то это обстоятельство отразилось и в нормальной характеристике этой материи, т. е. имеет место, что, при одних и тех же сочетаниях напряжений по основе и утку, уток реагирует быстрее на удли-

нение и укорочение, чем основа, чего не было бы, если бы по диаграмме растяжения деформации основы и утка были одинаковы. Оболочка, построенная из такой материи, при раскрое, когда уток направлен вдоль оси оболочки (здесь не принята во внимание растягивающаяся система), после наполнения ее газом имела бы некоторое увеличение диаметра и укорочение оси корабля, что вообще считается нормальным и может быть предусмотрено заранее, если имеется нормальная характеристика данной баллонной материи. Для сравнения приведем еще пример нормальной характеристики диагонально-дублированной баллонной материи, изображенной на рис. 217. На приведенной здесь же диаграмме растяжения этой материи видно, что эта материя обладает исключительной неравномерностью в деформациях между основой и утком. Деформация по утку в момент разрыва в 5 раз превышает таковую по основе. Таковую материю необходимо отнести к разряду весьма неудовлетворительных. Рассматривая нормальную характеристику этой материи, видим, что деформации по основе занимают главным образом область укорочений, а деформации по утку — область удлинений. При изготовлении из такой материи оболочек мы не будем иметь, при расположении в раскрое направлений утка вдоль оси аэростата, а направлений основы — перпендикулярно к ней, увеличений диаметров и сокращений длины оболочки, как в предыдущем случае, а получим обратное явление и волнистую форму оболочки, что иногда и наблюдалось в строительной практике оболочек. Нормальная характеристика дает возможность определять, кроме деформации оболочки в каждом сечении и изменения длины, еще модули упругости, которые также неодинаковы в каждом сечении оболочки и зависят от сочетаний напряжений по основе и утку. Так, например, модуль упругости для основы диагонально-дублированной баллонной материи, нормальная характеристика которой приведена на рис. 216, в сочетаниях напряжений в точках А, В, С будет иметь значения, приведенные в табл. 37.

Т а б л и ц а 37

Точки	Напряжения основы P_2 в кг/м	Напряжения утка P_1 в кг/м	Модуль упругости в кг/м
Точка А	40	200	5 200
„ В	80	200	3 200
„ С	120	200	2 000

Определение модулей упругости производят графически прямо из нормальной характеристики. Например, для модуля упругости основы в точке В, при сочетаниях напряжений $P_2 = 80$, $P_1 = 200$, проводим к точке В касательную; тогда отношение катетов $ml : kl$ есть $\operatorname{tg} \angle mkl$, т. е. величина модуля упругости в точке В. В нашем масштабе ml соответствует 32 кг, kl соот-

ветствует 1%, т. е. 0,01; следовательно, модуль упругости в точке *B* будет равен:

$$\frac{32}{0,01} = 3\,200 \text{ кг/м.}$$

Как видно из приведенной выше таблицы модулей упругости, точкам *A*, *B*, *C* будет соответствовать своя величина модуля упругости, т. е., иначе говоря, каждому сочетанию напряжений по основе и утку можно найти свое значение величины модуля упругости.

Для определения формы упругой линии оболочки, наполненной воздухом, при изгибе имеем обычное уравнение:

$$\frac{d^2 I}{dx^2} = \frac{M}{EI},$$

где *M* — изгибающий момент;

$I = \pi R^3$ — момент инерции окружности;

E — модуль упругости, определяемый из нормальной характеристики только для одного поперечного сечения оболочки.

Следовательно, зная *M*, *I* и *E*, можно определить форму упругой линии оболочки при чистом изгибе.

Глава X

ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ АЭРОСТАТОВ В СКЛАДСКИХ И ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

40. Испытания оболочек

Все приведенные выше испытания баллонных материй, веревок, шнуров и других материалов изложены при условии, что имеется лаборатория, оборудованная машинами и приборами, где и производятся необходимые испытания. Иначе обстоит дело с испытаниями при отсутствии на месте лаборатории. В этом случае надо вырезать образцы и посылать их в соответствующую лабораторию или оставаться в неизвестности в отношении состояния материальной части, что недопустимо. При отсутствии лаборатории и необходимости определения состояния годности материальной части к эксплуатации, всегда возможны упрощенные способы испытаний аэростатных материалов с меньшей точностью, но совершенно достаточные для решения о пригодности их для эксплуатации.

Оболочки аэростатов, находящиеся в складе, испытываются на газопроницаемость прибором, который всегда должен находиться на складе. Этот прибор типа прибора доктора Шекспира (рис. 203) — для испытания оболочек, наполненных газом. К диску прибора придается нижний диск (пермиметр), и тогда прибор представляет собой аппарат для испытания газопроницаемости рулонов баллонных материй; он меньших габаритов и значительно легче. При испытании оболочки на газопроницаемость

в складских условиях нижний диск через аппендикс устанавливается внутри оболочки; то место оболочки, которое хотят испытать, натягивается на нижний диск, прижимается специальным концентрическим грузом к нижнему диску; между этим грузом помещается верхний диск с катарометром, т. е. прибор для испытания оболочек, наполненных газом. В дальнейшем испытание производится точно так же, как и испытание невырезанных образцов. Для каждого такого прибора устанавливается свой коэффициент, точно указанный в инструкции. (обычно от 1,5 до 2).

Перед испытанием фланцы верхнего диска должны быть смазаны составом вазелина с воском, и после испытания следы смеси должны быть удалены с оболочки. Смесь удаляется с оболочки с помощью деревянного или костяного ножа; эти места протираются чистой тряпкой (перкалем), смоченной в чистом спирте, и после припудриваются тальком.

Испытания на газопроницаемость оболочек производят обычно во время просмотра их (два раза в год). Если по наружному осмотру состояние оболочки хорошее, то намечают три места на выдержку и определяют значения их газопроницаемости; если на оболочке есть места, внушающие подозрение, то эти места также подвергаются испытанию, но при этом необходимо, чтобы для сравнения были испытаны и здоровые места оболочки.

Испытания оболочек на газопроницаемость, находящихся в эксплуатации и наполненных газом, производятся на биваке. Испытания производят при помощи полевого прибора типа доктора Шекспира.

При выборе мест для испытания на газопроницаемость наполненных оболочек надо руководствоваться следующим правилом: если оболочка по наружному виду не вызывает сомнений, то испытание производят не менее как в трех местах, одно из них — обязательно в спинной части оболочки, близко около миделя, и два места с двух боковых сторон, по выбору.

При наличии на оболочке мест, внушающих сомнение, надо обязательно производить испытания их, но при этом надо испытать не менее трех мест, которые по внешнему виду являются здоровыми.

Испытания на газопроницаемость газгольдеров производятся по тому же принципу.

Особо важное значение при эксплуатации оболочек имеет определение чистоты газа. Оболочка, наполненная свежим газом, в период эксплуатации подполняется новым газом, но, несмотря на это, чистота газа в оболочке уменьшается, и наступает такой момент, когда дальнейшая эксплуатация становится опасной. Этим моментом надо считать чистоту газа в оболочке 82—84%. В этом случае оболочку освобождают от газа, просматривают и наполняют свежим газом.

Определение чистоты газа производится при помощи прибора типа доктора Шекспира. Этот прибор основан на принципе катарометра, имеет электрическое питание, гальванометр (индика-

тор), реостаты и панель управления. Шкала индикатора градуирована прямо в процентах на водород (или гелий); градуировка его производится от 80 до 100% с ценой деления от 0,25 до 0,5%. Место нуля соответствует делению 100%, на которое перед испытанием устанавливается стрелка. Для установления необходимой при испытании силы тока на панели управления имеется винт, поворотом которого на положение «исп» (испытание) стрелка гальванометра приводится в движение и должна остановиться на цветной риске, обычно около деления 80%; подвод стрелки точно к риске производится винтом реостата. После этого стрелка прибора поворотом винта приводится в начальное положение (на шкале 100%).

На панели прибора имеется цилиндрическая камера с двумя металлическими трубками для присоединения к ним резиновых трубок оболочки.

Процесс определения чистоты газа сводится к следующему. К оболочке, в которой необходимо определить чистоту газа, подносят прибор, проверяют силу тока и при помощи резиновой трубки соединяют цилиндрическую камеру прибора с отрезком трубки на оболочке, которая служит для присоединения манометра при определении сверхдавления. С другой стороны цилиндрической трубки прибора присоединена резиновая груша, с помощью которой выталкивают водород, который проходит из азростата через прибор. Работать грушей приходится обычно 1½—2 минуты. Когда эта предварительная работа будет произведена, винт на панели прибора поворачивают так, чтобы его индекс установился против отметки H_2 , тогда стрелка гальванометра придет в движение и остановится против какого-нибудь деления шкалы; после этого грушей необходимо работать еще до ½ минуты, пока стрелка не перестанет двигаться. По шкале, против стрелки, определяют значение чистоты газа прямо в процентах на водород или гелий.

Определение чистоты газа в оболочках производится через день, а иногда и каждый день. Если при определении чистоты газа окажется, что стрелка гальванометра покажет значение около 80% чистоты водорода или даже не будет доходить до 80%, то в этих случаях освобождение оболочки от газа надо производить очень осторожно. В легнее время лучше всего освобождать такую оболочку от газа ночью или на рассвете, причем для этого надо открыть аппендикс, повернуть оболочку так, чтобы аппендикс был сверху, и дать газу выходить свободно, без выдавливания.

По чистоте можно узнать и подъемную силу данного водорода (см. таблицу в приложении 5).

Для определения чистоты газа существуют и другие приборы; одним из приборов является прибор Шиллинга, основанный на истечении газов из малых отверстий. Этот прибор малоудобен для определения чистоты газа в полевых условиях, в особенности зимой. Он требует при испытаниях заполнения водой и имеет большую стеклянную часть.

Так как определение чистоты газа является необходимым при эксплуатации, то при отсутствии или порче приборов чистоту газа в оболочке можно определить при помощи шара-пилота.

Испытание прочности оболочек требует обязательного выреза образцов. Если вблизи есть лаборатория, то туда и отдаются вырезанные образцы; если лаборатории нет, то определение прочности можно сделать на месте. Вырез из оболочки производят так, чтобы край выреза не доходил до шва оболочки на 7—10 см. Размеры вырезанного куска должны быть таковы, чтобы из него можно было приготовить для испытаний три полосы по основе и три полосы по утку. Полоски должны быть шириной 50 мм и длиной 500 мм; кроме того, должно быть предусмотрено место для выреза квадрата 200×200 мм для взвешивания. Кусок оболочки 700×550 мм вполне достаточен, чтобы произвести приготовление образцов для определения прочности и веса. Кусок материи, вырезанный из оболочки, сначала подвергают испытанию на газопроницаемость, после чего из него же вырезают полосы для испытания прочности. Для приготовления полосок из однослойной материи на крае куска делают надрезы на расстоянии 50 мм друг от друга, и полоска отрывается до нужной длины. Из двухслойных диагонально-дублированных баллонных материй приготовление образцов делается следующим образом. На краю вырезанного куска делают надрезы на расстоянии друг от друга около 10 мм; на расстоянии немного больше 50 мм делают еще два таких надреза. Кусок поворачивают к себе внутренним параллельным слоем, пальцами захватывают первую 10-мм полосу надреза и, удерживая кусок другой рукой, сильно продергивают 10-мм полосу; при этом будет отрываться вдоль ниток узенькая полоска по параллельному слою материи, диагональный же слой ткани останется целым. Так же поступают и со второй парой надрезов; таким образом, в куске материи образуются две «дорожки», обозначенные диагональным, неповрежденным, слоем материи. По этим «дорожкам» и вырезают ножницами образец.

Чтобы довести образец до необходимой ширины в 50 мм, выдергивают отдельные нити только вдоль боков параллельного слоя, пока не получится необходимая ширина. Выступающие за боковые стороны образца части диагонального слоя материи не имеют значения, так как они не будут участвовать в сопротивлении при испытании.

Когда образцы приготовлены, производят заделку их следующим образом: концы образца на протяжении 30 мм от краев промазываются резиновым клеем; на расстоянии 70 мм от концов образца производится вновь промазка его на 30 мм внутрь, потом перегибаются концы и склеиваются по промазанным местам; после склейки на концах образуются пазухи диаметром 20 мм, в которые перед испытанием вставляется железный или деревянный стержень. Образцы после склейки должны пролежать в помещении не менее 48 часов, после чего могут только поступить на испытание. Концы стержней должны немного

выступать за края образца; за верхний стержень подвешивают образец, к нижнему — подвешивают грузы. Удобнее всего, когда к нижнему концу подвешивается какая-нибудь тара, в которую укладывается груз; тара и нижний стержень, если он из металла, после испытания должны быть взвешены. Навеска грузов производится через каждые $\frac{1}{2}$ минуты, осторожно, без бросков.

Увеличение нагрузок производится следующим порядком: 2, 5, 10, 15, 20, 23, 24, 25, 26, 27 кг и т. д. до разрыва образца. Если образец оборвался раньше, например, когда после 15 кг довели нагрузку до 20 кг сразу навешиванием 5 кг груза, то испытание повторяют, но уже после 15 кг увеличивают нагрузку через килограмм или меньше.

Указанный способ испытания не является особенно точным, но дает близкую картину о прочности баллонной материи. При испытаниях на прочность снимать груз и заменять его большим грузом не разрешается; при увеличении нагрузки надо обязательно добавлять грузы. При испытании прочности образца точнее будет способ, когда в тару, подвешенную к нижнему стержню образца, равномерно насыпается сухой песок или, еще лучше, дробь. В момент обрыва образца насыпание прекращается, и весь груз взвешивается на весах; при наличии грубых весов точность взвешивания можно допускать до 50 г.

При испытании образцов на прочность надо отличать обрыв однослойной и диагонально-дублированной баллонных материй. На рис. 218 и 219 приведены примеры обрывов образцов при испытании. Однослойная материя обрывается сразу; на двухслойной диагонально-дублированной материи разрушение образца менее заметно; испытание этой материи надо считать законченным, когда обнаружится первый разрыв параллельного слоя материи, при этом диагональный слой часто не разрушается и продолжает удерживать навешенные грузы. Если продолжать увеличивать нагрузку, то на параллельном слое материи появляются вторичные и дальнейшие надрывы, как это показано на рисунке. За разрушающий груз надо обязательно считать только ту нагрузку, при которой образуется первый надрыв параллельного слоя двухслойной диагонально-дублированной баллонной материи. Чтобы узнать величину временного сопротивления баллонной материи, величину разрушающего груза образца надо умножить на 20; тогда получим величину временного сопротивления в кг/м.

Кроме величины временного сопротивления, полезно знать и относительные удлинения баллонных материй, т. е. иметь их диаграммы растяжений. При испытании образцов на прочность указанным выше способом эти диаграммы могут быть легко получены. Для этой цели на образце, на непрорезиненной его части (в двухслойных материях на внутренней стороне), карандашом или тушью наносятся две поперечные черты на расстоянии 100 или 200 мм друг от друга. При каждом увеличении нагрузок миллиметровой линейкой промеряется расстояние между



Рис. 218.

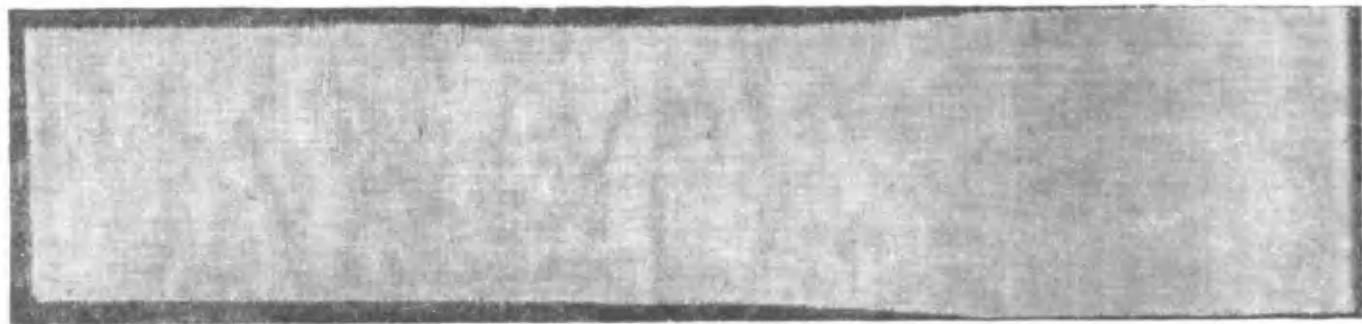


Рис. 219.

черточками с точностью до 0,5 мм. Данные измерений заносятся в журнал испытаний. Так как в момент обрыва или надрыва образца замерить расстояние между черточками нельзя или измерение даст преувеличенное значение, то этого замера не делают, а удлинение в момент разрыва определяют графически.

После измерений вычисляют относительные удлинения в процентах по формуле:

$$\frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100,$$

где l_1 — длина между черточками образца при каждом измерении;
 l_0 — первоначальная длина между черточками 100 или 200 мм.

Для примера разберем следующее испытание: определить, без помощи машин, временное сопротивление баллонной материи по основе и утку по двум образцам и получить диаграмму растяжения. Отметим на образцах черточки на расстоянии 200 мм, значит $l_0 = 200$ мм. Составим журнал испытаний по следующей форме.

Ф о р м а

Наименование куска	Нагрузка на образец в кг	Временное сопротивление в кг/м	Расстояние между черточками в мм		Относительное удлинение в %		Примечание
			основа	уток	основа	уток	
9-я трапеция 6-го полотнища	0	0	200,0	200,0	0,0	0	Образцы наружных пороков не имеют
	2	40	202,0	204,0	1,00	2,00	
	5	100	204,0	210,0	2,00	5,00	
	10	200	207,0	217,0	3,50	8,50	
	15	300	209,0	221,0	4,50	10,50	
	20	400	211,0	224,0	5,50	12,00	
	23	460	212,0	225,0	6,00	12,50	
	24	480	212,5	226,0	6,25	13,00	
	25	500	213,0	226,5	6,50	13,25	
	26	520	213,5	227,0	6,75	13,50	
	27	540	—	—	—	—	
	28	560	—	—	—	—	
	29	580	—	—	—	—	
							Обрыв по утку
							Обрыв по основе

По результатам испытаний строится диаграмма растяжений для основы и утка (рис. 220), и так как перед моментом разрыва измерять расстояние между черточками затруднительно, то измерения можно не производить, а при построении диаграммы по точкам кривые можно продолжить до точек, соответствующих разрыву полосок, определенных из испытания.

В разобранном примере разрыв по утку произошел при нагрузке на полоску в 27 кг, что соответствует временному сопротивлению в 540 кг/м; разрыв по основе произошел при нагрузке

на полоску в 29 кг, что соответствует временному сопротивлению в 580 кг/м. Продолжая кривые диаграммы растяжений по утку до точки В, по основе — до точки А, которые соответствуют указанным временным сопротивлениям, соответствующим проектированиям точек А и В на ось ординат, получим относительное удлинение в процентах в момент разрыва; по утку это будет, почти 14%, это значение и фиксируем; по основе получим 7%.

Испытанию подвергаются три образца по основе и три образца по утку, на каждую пару должен быть составлен приведенный выше журнал испытаний. Перед испытанием вырезанного из оболочки образца на прочность производится его испытание на газопроницаемость, так что значение ее известно. Одновременно с испытанием на прочность производится и взвешивание квадрата 200 × 200 мм, который вырезается ножницами. Вес вырезанного квадрата в г умножается на 25, и получают вес 1 м² в г. Таким образом, после всех испытаний известны все величины, характеризующие таблицу, которая является документом для суждения о пригодности оболочки к дальнейшей службе. Таблица может быть составлена по следующей форме.

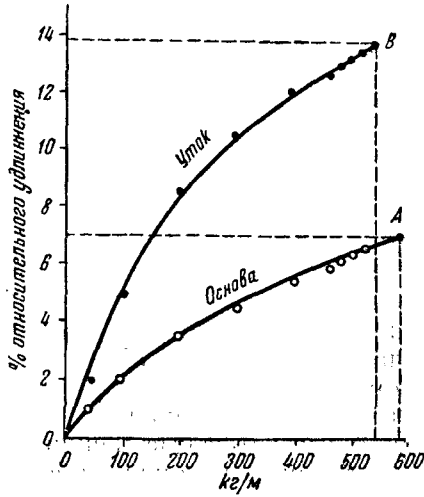


Рис. 220.

Ф о р м а

Наименование места испытания	Временное сопроти- вление в кг/м		Относительное удли- нение в %		Вес 1 м ² в г	Газопроницаемость в л с 1 м ² в 24 ч. при 15° С
	основа	уток	основа	уток		
9-я трапеция 6-го полотнища . . .	580	540	7,0	14	—	—
	520	480	6,5	12	268	22
	640	570	7,5	16	—	—
Среднее . .	580	530	7,0	14	—	—

Испытание производил: *технический персонал* (подпись)

..... 19... г.

Госгид.....

Если вырезы произведены из ряда мест оболочки, то на каждое вырезанное место составляется приведенная таблица, причем данные испытаний могут быть помещены последовательно в той же ведомости. Если при испытаниях составляются диаграммы растяжений, то они прилагаются к результатам испытаний. В таблице или в ведомости указывается и внешний вид вырезанного куска; например, испытанию подвергался кусок с потертым алюминиевым слоем или на испытываемом образце обнаружены следы масла, отслаивается диагональный слой ткани или материя в хорошем состоянии.

41. Испытания веревочного такелаж

В полевых условиях иногда приходится определять разрывное усилие веревочного такелаж.

Эти испытания сравнительно редки и производятся в тех случаях, когда весь такелаж или часть его вызывает сомнение или когда приходится ставить на аэростат новые веревки, прочность которых не известна.

При испытании крученых веревок на разрыв, когда отсутствуют испытательные машины, отрезают образец веревки около 1 м длиной; на концах образца делают петли; весьма желательно, чтобы в петли были поставлены коуши. После изготовления петель свободная длина веревки между вращенными концами петель должна быть около 500 мм. Образец укрепляют верхней петлей за крюк, а нижнюю — нагружают грузом, большей частью мешками с балластом.

Мешки или взвешиваются предварительно, причем на каждом отмечается его вес, или же производится взвешивание всех мешков сразу после испытания веревки. Мешки с балластом нагружаются на веревку через каждые 15 секунд, причем нагрузка должна производиться без рывков. Вес каждого мешка — от 15 до 20 кг.

При обрыве хотя бы одной пряди веревки испытание считается законченным, а нагрузка в килограммах считается за разрывное усилие веревки.

Если необходимо узнать относительное удлинение веревки и построить диаграмму растяжений, то в средней части образца, на расстоянии 200 мм друг от друга, чернилами или тушью наносят две риски и при каждом увеличении нагрузки миллиметровой линейкой измеряют это расстояние с точностью до 0,5 мм. Данные заносят в журнал испытаний и строят диаграмму растяжений по тому же самому принципу, как это было сделано для образцов баллонных материй. В диаграмме растяжений наименование по оси абсцисс будет не в килограммах на метр, как это было для баллонных материй, а в килограммах; конечная точка диаграммы будет соответствовать разрывному усилию в килограммах.

Учет деформаций веревок особенно нужен, когда приходится заменять части работающего такелаж отрезками новых веревок. В этом случае веревка предварительно дегатируется, т. е.

вымачивается в воде и вытягивается постоянным грузом в $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия в течение 40—50 часов.

Для сравнения деформаций новой веревки с деформациями работающего такелажа нет необходимости вырезать отрезки из этого такелажа для испытаний. Для этого достаточно в каком-нибудь участке завязать две петли так, чтобы расстояние между петлями было 400—500 мм, нанести на средней части расчетный участок в 200 мм, одну петлю укрепить, а к другой — подвешивать грузы до $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия и по данным испытаний построить диаграмму растяжений. После проведения испытаний петли развязываются.

Точно такое же испытание проводят и с дегатированной веревкой, которая предназначена для замены частей такелажа, — для нее строят диаграмму растяжений и кривую диаграммы наносят для сравнения на диаграмму первого испытания. Если первая и вторая кривые разнятся между собой не более 2%, то новую дегатированную веревку можно ставить для замены частей такелажа, в противном случае надо подобрать такую веревку, которая удовлетворяла бы поставленным выше условиям. Увеличение нагрузок производят через 5, 10 или 20 кг; чем больше разрывное усилие веревки, тем больше может быть диапазон увеличения нагрузок. Например, при испытании веревки на разрыв прочностью до 700 кг увеличение нагрузок производят в следующем порядке: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 и т. д. через 20 кг до разрыва, причем навешиваемый груз необязательно должен в точности равняться 10 или 20 кг, — он может быть больше или меньше, но всегда должен быть точно определен. При испытании такой же веревки для смены частей такелажа нагрузка производится до $\frac{1}{10}$ от разрывного усилия, т. е. в данном случае до 70 кг; в этом случае увеличение грузов можно производить в следующем порядке: 5, 10, 20, 30, 50 и 70 кг.

Испытание на разрыв фалов и плетеных веревок вызывает несколько большие затруднения. За отсутствием прядей вращать концы петель в тело веревки нельзя, а если делать на концах отрезка петли с образованием узлов, то это приведет к тому, что разрыв обязательно произойдет в узле с пониженным показанием прочности веревки. В этом случае применяют особый узел — «трехпрядную косу», который основан на заплетении косой отрезка образца у его концов; длина заплетки 200—250 мм, поэтому сам образец должен быть длиннее в 2—2,5 раза, чем образец из крученой веревки. Уменьшение прочности при применении этих узлов ничтожное и редко достигает 2—3%; концы узлов должны быть ошпагованы. В дальнейшем испытание на разрыв производится так же, как и для крученых веревок.

42. Испытания резиновых шнуров

Бухты резиновых шнуров, хранящиеся на складах, выдаются для замены шнуров растягивающейся системы аэростатов,

находящихся в эксплуатации. Складские условия хранения бывают различные. Отступления от температурного режима и режима влажности постоянных складов могут повлиять на качество шнуров. Хранение в полевых складах также требует проверки механических качеств шнуров перед постановкой их на аэростат; хранение в постоянных складах при правильном соблюдении необходимого режима также требует проверки их качества, особенно если они хранятся в течение ряда лет.

Производство испытаний достаточно просто и мало отличается от заводских испытаний. Испытывать все бухты, если они поступили на склад кондиционными, нет необходимости. Обычно берут на выдержку 3 или 5 бухт, которые и испытывают. Для производства испытаний образцы не вырезаются, а на выбранной для испытания бухте в любом месте завязываются два узла, расстояние между которыми должно быть от 300 до 500 мм. На средней части между узлами отмечается расчетный участок в 100 мм, границы которого отмечаются рисками, нанесенными чернилами или тушью. Из каждой бухты делают три испытания. Увеличение нагрузок производится путем навешивания грузов через 0,5 кг каждые $\frac{1}{2}$ минуты. Для шнуров в оплетке или без оплетки диаметром 5—6 мм или стороной квадрата 5—6 мм нагрузка доводится до 3 кг, после чего шнур разгружается постепенно до нуля через те же промежутки времени.

При каждой перемене нагрузок миллиметровой линейкой производится измерение расчетного участка с точностью до 1 мм. При испытаниях составляется журнал, по данным которого строится диаграмма растяжений для возрастающей и убывающей нагрузок, чем и образуется гистерезисная петля. Если на складе или на аэростате имеется шнур недавнего изготовления, то для сравнения полезно произвести аналогичные испытания этого шнура; и те и другие результаты должны быть похожи, если шнуры не потеряли своих механических свойств.

Во всяком случае, шнуры можно признать удовлетворительными, если остаточное удлинение через $\frac{1}{2}$ минуты после снятия нагрузки не будет превышать 7% при температуре не ниже -10°C и 15—20% при температурах -25°C и ниже. Испытания шнура при низких температурах в полевых условиях можно провести на воздухе только зимой. Для шнуров диаметром 8—9 мм проводятся те же самые испытания, но нагружаются они до 7 кг; для шнуров диаметром 11—12 мм последовательная нагрузка доводится до 10 кг.

43. Испытания тросов

Испытание тросов может быть произведено в полевых условиях упрощенным способом. Иногда является необходимость проверить прочность тросов, находящихся в эксплуатации. Для этой цели вырубает отрезок троса длиной 3—4 м и в концы отрезка заплетают коуши. Трос одним концом подвешивается

к крюку, а другой — постепенно нагружают до обрыва его. Грузом обычно служат балластные мешки с песком; в этом случае к нижнему коушу надо приспособить добавочную петлю для навешивания довольно большого количества балластных мешков. Мешки с песком должны быть предварительно взвешены и иметь отметку о весе. Испытание считается законченным, когда произойдет обрыв пяти проволок или целой пряди; соответствующая этому нагрузке и принимается за разрывное усилие. Нагружать трос надо осторожно и равномерно, без рывков. Увеличение нагрузок можно вести через каждые 5—10 секунд. При испытании тросов на разрыв полезно одновременно произвести проверку тензиометров, имеющихся в части. При переменах нагрузок на трос тензиометры прикладываются к тросу, и прочитывается их показание в делениях шкалы. Данные измерения по тензиометру записываются в журнал против нагрузок, которые имел трос в момент измерения.

Глава XI

НОРМЫ ЗАБРАКОВАНИЯ ОБОЛОЧЕК

За время эксплуатации материальная часть постепенно изнашивается, и наступает предел, когда дальнейшая эксплуатация затруднительна или опасна. Чаще всего бракуется оболочка. На срок службы оболочки влияет и географическое место, где производится ее эксплуатация. Области, где много солнца, уменьшают срок службы оболочки вдвое и втрое. В областях южнее 45-й параллели северной широты можно сказать заранее, что срок службы оболочки будет вдвое меньше.

Оболочки в большинстве случаев забраковываются из-за потери газонепроницаемых свойств. Выше были разобраны случаи, из которых одни материи способны долго удерживать хорошие газонепроницаемые свойства и потом резко ухудшать свои качества; другие — медленно, но непрерывно увеличивают свою газопроницаемость; третьи — в периоды эксплуатации имеют колебания по значению газопроницаемости, но эти колебания невелики и не влияют сильно на расход и чистоту газа.

Экспозиция материалов и наблюдения за работающими аэростатами показали, что изменение значений газопроницаемости нормальной баллонной материи происходит медленно в пределах от 10 до 40 л с 1 м² в 24 часа при 15° С; далее увеличение газопроницаемости идет настолько интенсивно, что нормальная эксплуатация аэростатов делается затруднительной, а иногда и невозможной. В оболочках, построенных из лакированных или комбинированных баллонных материй, которые имеют ничтожную первоначальную газопроницаемость, ухудшение качества после значения в 40 л происходит еще интенсивнее. В весеннее и летнее время это явление еще более усиливается. Применение химического анализа показало, что в материях с увеличенной

газопроницаемостью после эксплуатации произошли изменения, которые не способствуют удержанию хороших газонепроницаемых свойств оболочки. Все эти причины, основанные на опыте и исследованиях, заставляют принять норму забракования серийных оболочек в 40 л с 1 м² в 24 часа при 15° С.

Значение в 40 л в оболочках из прорезиненной баллонной материи нормально должно наступать через два года эксплуатации в умеренном климате, причем предполагается, что 50% времени оболочка находится в воздухе и на биваке, а 50% времени хранится на складах нормального типа.

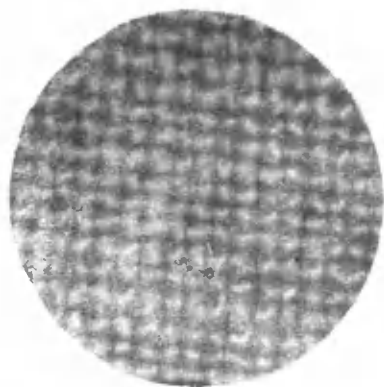
Но независимо от времени эксплуатации оболочка должна быть забракована при достижении нормы газопроницаемости.

Если эксплуатацию оболочки по каким-либо причинам необходимо продолжить, то тогда прибегают к покрытию ее лаками, что может продлить срок ее эксплуатации на 1½—2 месяца.

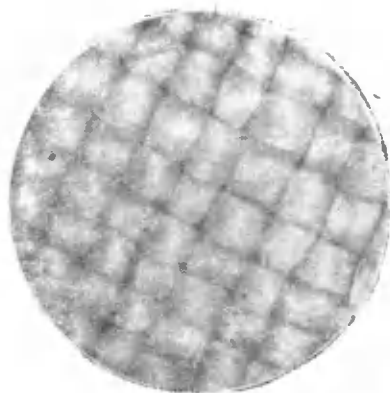
При забраковании оболочки по признакам газопроницаемости производят ее исследование в десяти точках, из них пять — в спинной части оболочки, по две на боковых сторонах и одно испытание в нижней части. Если окажется, что 50% и более мест имеют значение выше 40 л с 1 м² в 24 часа при 15° С, то оболочка снимается с эксплуатации и отправляется на завод для подробного исследования и окончательного забракования или для капитального ремонта. Если из десяти испытаний три точки покажут значение газопроницаемости более 40 л, то испытание повторяется в новых десяти точках, и при наличии опять трех точек с газопроницаемостью выше 40 л оболочка направляется на завод для подробного исследования. При испытании оболочки обязательно должна быть в сухом состоянии.

Преждевременная потеря газонепроницаемых качеств может происходить от применения несоответствующей рецептуры, ошибок технологического процесса производства, от создавшихся исключительно неблагоприятных метеорологических условий и неправильного хранения на складах. В новых оболочках обнаружить будущие пороки по внешнему виду и первоначальным испытаниям невозможно, — они выявляются только в периоды эксплуатации. Явные признаки разложения материи легко определить по внешнему виду, поэтому эти места надо наметить для испытаний. Материи становятся жесткими, ломкими, появляются пятна темных оттенков, чувствуется неприятный резкий запах. Внутренняя непрорезиненная сторона материи теряет свой свежий вид, и на ней появляются пятна от разложившегося каучука, мешающие разглядеть переплетение ткани. Если рассматривать поврежденные места через лупу, то легко заметить нарушение структуры.

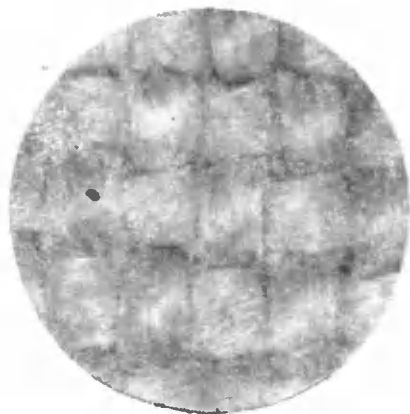
На рис. 221 (а, б, в, г) показаны новые баллонные материи со стороны ткани при увеличении от 25 до 80 раз; на рисунке отчетливо видны переплетения нитей. На рис. 222 (а, б) показан вид новой баллонной материи с наружной стороны, где окраска введена в наружный каучуковый слой; на рисунке обозначен сплошной, достаточно равномерный слой без просвечивания



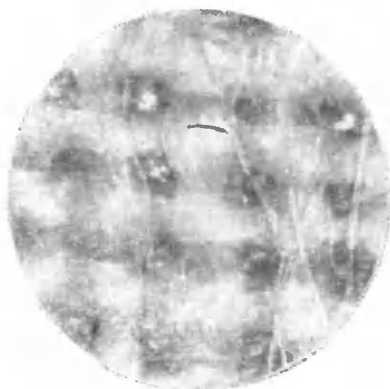
a



d



b

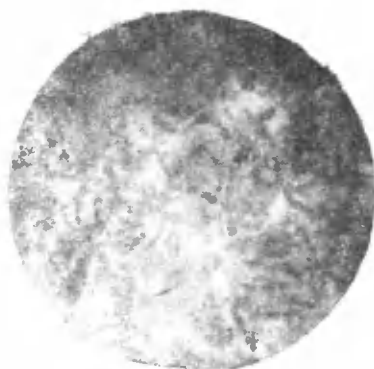


z

Рис. 221.



a



б

Рис. 222.

переплетения нитей верхнего слоя ткани. Вид баллонных материалов, которые имеют признаки разложения, показан на рис. 223, где изображена внутренняя поверхность со стороны ткани. Переплетение нитей заметно менее резко, пятна от разложения каучука затемняют характер переплетения. Со стороны наружного слоя при разложении отмечается (рис. 224, а, б) неравномерно пятнистая поверхность, где в просветах иногда заметны переплетения нитей верхнего слоя ткани.

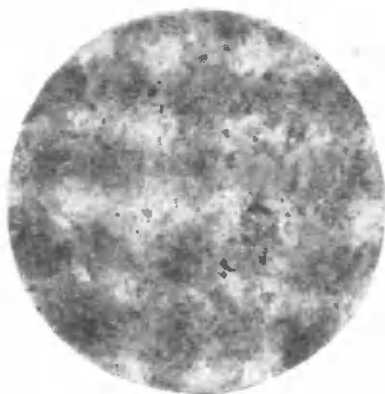


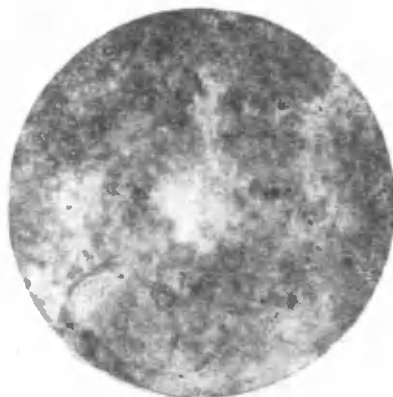
Рис. 223.

В оболочках, которые при испытании дают большое значение газопроницаемости, но по внешнему виду вполне здоровы, труднее определить причины ухудшения газонепроницаемых свойств. Иногда прибегают к химическому анализу, но и последний, если

каучук вполне здоровый, не всегда может выяснить причины. В этих случаях причины чаще всего кроются в неудовлетворительности технологического процесса, в недостаточной толщине резинового слоя, малом количестве штрихов, посторонних вкраплениях в массу каучука, которые потом выпадают. При на-



а



б

Рис. 224.

личии такой оболочки в эксплуатации ее необходимо снять и направить на завод для детального исследования.

Выше указывалось, что сверхдавление в оболочке мало влияет на значение газопроницаемости; на практике изменением этих значений пренебрегают. Эти выводы действительны, когда сверхдавление в оболочке не превышает 60—80 мм вод. ст. Повышение сверхдавления резко отразится на коэффициенте безопасно-

сти оболочки. Ввиду малых практических применений этих выводов испытаний изменений газопроницаемости оболочек с большим сверхдавлением производилось мало. Приведем несколько значений этих немногочисленных опытов.

При натяжении материй на $\frac{1}{10}$ от значения временного сопротивления газопроницаемость увеличивается в среднем на 1%; при натяжении в $\frac{1}{5}$ наблюдается увеличение газопроницаемости на 3—6%, а в отдельных случаях и больше; при натяжении материи в $\frac{1}{3}$ от временного сопротивления газопроницаемость может возрасти на 30—40% и при натяжении до $\frac{1}{2}$ значение газопроницаемости может увеличиться на 50—60%. Эти величины подтверждаются при испытаниях однослойных баллонных материй.

Приведенные здесь результаты далеко еще не окончательные; они даны в предположении, что если будут иметь место сверхдавления более 100 мм вод. ст., то это должно быть учтено и в сроках службы и в нормах забракования оболочек.

Забракование оболочек по прочности происходит значительно реже. Опыты экспозиции и эксплуатации показали, что падение прочности протекает медленно. При нормальной двухлетней эксплуатации оболочки, построенные из хлопчатобумажной ткани, теряют в своей прочности не более 10—15%, а иногда и менее; это замечание относится к эксплуатации оболочек в умеренном климате; в теплых, солнечных областях изменение прочности проходит более интенсивно. Опытными данными установлено, что до уменьшения прочности на 2% оно происходит равномерно, а далее потери растут быстро, и оболочка скоро приходит в негодность. На основании этих данных, забракование оболочек по прочности надо производить при потере материей оболочки 20% от своей первоначальной прочности. Шелковые оболочки намного скорее уменьшают свою первоначальную прочность; забракование их по признакам прочности происходит чаще, чем оболочек из хлопчатобумажной ткани.

В эксплуатационных условиях оболочки аэростатов иногда подвергаются повышенным, не расчетным сверхдавлениям и длительным нагрузкам. Эти причины могут вызвать перегрев газа, отказ работы клапана при определенном сверхдавлении. Оболочка аэростата при этих условиях находится под большими натяжениями, приобретает остаточные сверх расчетных деформации и жесткость. Потеря эластичности оболочки невыгодна для эксплуатации: при дальнейших подъемах малоэластичная оболочка при быстром возрастании сверхдавления (бросок оболочки вверх восходящими токами, перегрев, временное запаздывание работы клапана) может не приобрести некоторого увеличения объема за счет растяжения материи; напряжение малоэластичной оболочки может быстро возрасти до предельного, за которым последует разрыв оболочки. Испытания малоэластичных оболочек только на прочность обычно непоказательны. Изменение прочности ничтожное, и это не может служить мотивом

для забракования оболочек, но если для такой материи построить диаграмму растяжений, то характер этой диаграммы покажет резкие изменения эластичных свойств.

Наблюдается значительное уменьшение относительных как промежуточных, так и конечных удлинений; кривая диаграммы превращается в прямую. Относительное удлинение при разрыве часто меньше 3%; исчезает закон зависимости деформаций от напряжений; эта зависимость подчинена уравнению прямой линии. Это уравнение имеет вид:

$$y = 0,005x.$$

В том случае, если материя, вырезанная из оболочки, после испытаний дает диаграмму растяжений, близкую к уравнению прямой по приведенной выше формуле, это показывает, что оболочка во время эксплуатации подвергалась большим напряжениям и впредь не должна допускаться к эксплуатации до подробных заводских исследований. На практике обычно принимают допуск по удлинениям не ниже 3% в момент разрыва, при котором еще возможна эксплуатация оболочки.

Основной причиной забракования оболочек газгольдеров является потеря материей газонепроницаемых свойств. К газгольдеру, как к газохранилищу, в котором требуется сохранение чистоты газа, предъявляются повышенные требования. Новая газгольдерная материя не должна иметь значение газопроницаемости выше 5 л с 1 м² в 24 часа при 15° С. При эксплуатации газгольдер приобретает много потертостей, подвергается метеорологическим воздействиям и постепенно теряет свои газонепроницаемые свойства. При испытании газгольдеров на газопроницаемость применяют те же приемы и правила, что и при испытании оболочек аэростатов, но лучше при испытаниях применять прибор для невырезанных образцов, так как испытания будут несколько точнее.

При установке выбранного места на прибор надо более тщательно смазывать фланцы прибора смесью вазелина с воском, в особенности в том диске, где ввинчивается катарометр. Эта мера необходима для лучшего обеспечения опыта, так как материя газгольдера толще аэростатной материи.

Время испытаний материи на приборе полезно увеличить, так как в газгольдерной материи трудно ожидать больших значений газопроницаемости, а увеличение времени позволит получить более точные результаты. Газгольдеры бракуются при достижении значений газопроницаемости 15—17 л с 1 м² в 24 часа при 15° С. Эта цифра диктуется необходимостью сохранить в газгольдерах высокую чистоту газа.

Таким образом, нормы забракования для оболочек аэростатов и оболочек газгольдеров сводятся к следующему.

Оболочки аэростатов должны быть забракованы:

а) при достижении значений газопроницаемости оболочки: 40 л с 1 м² в 24 часа при 15° С;

- б) при потере баллонной материей 20% прочности от первоначального значения;
- в) при относительном удлинении баллонной материи в момент разрыва менее 3%.

Глава XII

РЕМОНТ АЭРОСТАТОВ В СКЛАДСКИХ И ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

При эксплуатации в воздухе, нахождении на биваке, хранении на складах оболочки аэростатов получают ряд мелких повреждений, которые почти неизбежны при относительной громоздкости воздухоплавательных аппаратов.

Могут быть проколы, потертости, надрывы оболочки или оперения, пятна от масла или других разрушающих веществ; эти повреждения возможно ликвидировать на месте. Кроме того, при испытании оболочек на прочность в них делают вырезы; эти вырезы, независимо от результатов испытаний, должны быть отремонтированы (заделаны) в тех же условиях (складских или полевых).

Перед наполнением оболочки газом ее наполняют воздухом и производят просмотр. Во время просмотра отмечают дефекты оболочки, проколы, потертости, просветы около швов, складки, пятна и т. п. Так как при продувке оболочек воздухом основной просмотр производится изнутри, то баллонный мастер производит ремонт всех сомнительных мест оболочки.

При просмотре наполненной воздухом оболочки производящие осмотр проходят внутрь оболочки через аппендикс, который служит для наполнения, причем осматривающие должны быть одеты в рабочие комбинезоны, а при отсутствии их с одежды должны быть сняты все принадлежности, могущие повредить оболочку. Снятие сапог, ботинок обязательно. Ходить внутри оболочки босиком не разрешается, можно ходить в носках, при условии, что подошвы носков слегка припудрены тальком. При обнаружении во время внутреннего просмотра мелких дефектов (проколы, срыв резинового слоя, механические повреждения) на эти места баллонный мастер накладывает заплаты. Размеры повреждений, которые быстро ликвидируются при просмотре, не должны превосходить в диаметре 20 мм; при больших размерах производится более длительный ремонт. Если корпус оболочки построен из двухслойной материи, то накладываемые заплаты должны быть также из двухслойной материи; если оболочка из однослойной материи (к ним же относятся и стабилизаторы), заплаты изготавливаются из такой же материи.

Так как в складских или полевых условиях нет удобств и времени для производства ремонта внутри оболочки, то и ремонтные работы упрощены, а надежность ремонта рассчитана

на 40—50 дней, после которых должен производиться новый осмотр. Заплатки, которые необходимо наложить на обнаруженные дефектные места оболочки, должны иметь круглую форму, быть промазаны два раза клеем и иметь размеры в диаметре не менее 30 мм при проколах и небольших потертостях и не менее 50 мм при дефекте на оболочке, диаметр которого около 20 мм. Место, на которое должна быть наложена заплата, промывается бензином высшего качества и промазывается два раза клеем; наложение заплат производится, когда клей на оболочке и на заплате не будет липким.

Целесообразно, чтобы у баллонного мастера в сумке был набор приготовленных заплат диаметром 30 и 50 мм, уже промазанных два раза резиновым клеем. .

Процесс намазывания заплат резиновым клеем производится вручную, иногда кистью; при промазке первый раз необходимо, чтобы намазанный слой клея просох. Это высыхание определяется наощупь, когда пальцы не прилипают к намазанному слою резинового клея. Когда первое покрытие удовлетворяет поставленному условию, производят промазку второй раз и добиваются тех же результатов. Заплаты, приготовленные указанным способом, готовы к применению. При наложении заплат на обнаруженные дефектные места оболочки изнутри, необходимо место оболочки, на которое предполагается наложить заплату, также дважды промазывать резиновым клеем и чтобы клей не был липким. Промазанная клеем заплата прикладывается к дефектному месту оболочки, прокатывается валиком, для чего снаружи оболочка подпирается фанерным щитком и слегка припудривается тальком. При обнаружении на оболочке длинной складки шириной 1—2 мм и если есть опасение, что внутри нее отсутствует резиновый слой, следует на такую складку накладывать длинную заплату в виде ленты, края которой заходят за складку не менее 15—20 мм.

Для заклейки в оболочке вырезов материи, идущих на испытания, подбирается материал, соответствующий тому, из которого построена оболочка. Края заплаты должны заходить на 40—50 мм за края выреза. Перед наложением заплаты и места склейки прочищают бензином и промазывают клеем.

При наложении больших заплат промазка клеем должна быть сделана три раза. Большая заплата должна иметь края по контуру прямоугольника, которые сходят на оболочку; по контуру заплаты необходимо наклеить однослойную прорезиненную ленту шириной не менее 30 мм. В углах прямоугольника наклеиваются 4 шайбы из двухслойной баллонной материи, диаметром 100 мм. С наружной стороны оболочки, в месте совпадения краев выреза оболочки и начала заплаты, по всему габариту выреза наклеивается однослойная прорезиненная лента. Если есть возможность прошить заплату, поставленную на место выреза, то такую прошивку производят однорядным швом с заклежкой мест прошивки с наружной и внутренней сторон прорезиненной лентой шириной 30 мм.

Когда оболочка наполнена газом и при осмотре в ней будут обнаружены дефекты (проколы, большие потертости, малые надрывы), то оболочку можно ремонтировать, не выпуская газа; для этого необходимо приготовить заплаты, промазанные резиновым клеем три раза, промыть дефектное место на оболочке бензином, и если есть с наружной стороны алюминиевый слой, то его зачистить, промазать дефектное место на оболочке три раза резиновым клеем, дать просохнуть, после чего приложить заплату к дефектному месту, закатать валиком и слегка припудрить тальком.

При первой же продувке оболочки воздухом на место поставленной снаружи заплаты обязательно должна быть поставлена внутренняя заплата.

На качество резинового клея, который идет на полевой или складский ремонт оболочек аэростатов, должно быть обращено особое внимание. Так как перед применением резинового клея для ремонта или для заклейки разрывного полотнища нет никаких гарантий о его пригодности, то необходимо производить проверку клеящей способности.

Проверка клея заключается в следующем: берется полоска баллонной материи шириной 50 мм и готовится так же, как и для испытания ее на прочность в полевых условиях. Материал для полоски подбирается такой, чтобы разрывное усилие ее было не менее 30 кг; рекомендуется разорвать 2—3 полоски из наличного материала (газгольдерная материя, баллонная материя от аэростатов наблюдения).

Выбранная полоска разрезается по середине на две части, и разрезанные места склеиваются данным резиновым клеем по следующему правилу: после тщательной зачистки и промывки бензином краев разрезанной полоски отмеривается расстояние по 2 см по длине полоски в обоих отрезках, через которые карандашом проводится линия, параллельная разрезу полоски во всю ее ширину; таким образом, на обоих концах разрезанной полоски, между краем разреза и карандашной линией, образуется площадь в 10 см². Эту площадь промазывают клеем три раза, причем после каждой промазки ожидают его полного высыхания. После этого разрезанную полоску склеивают, в месте склейки прокатывают валиком и оставляют на 48 часов в помещении. По истечении этого срока приступают к испытанию склеенной полоски на прочность. Если клей удовлетворительный, то расклеивание полоски должно произойти не раньше нагрузки на полоску в 30 кг. Если же полоска расклеится при меньшей нагрузке, то от применения такого клея надо воздержаться. Если полоска разорвется не по линии склейки, а по целому месту раньше, чем будет получена нагрузка в 30 кг, то это говорит за то, что материал был подобран малой прочности, и испытание поэтому необходимо повторить. Если полоска разорвется в целом месте при нагрузках более 30 кг, то клей надо признать удовлетворительным, вполне пригодным для ремонта оболочек.

Нагрузка при испытании полосы производится увеличением груза через 5 кг каждые 5 секунд.

При повреждении в аэростатах основных швов оболочки складской или полевой ремонт не допускается; в этих случаях оболочки направляются на завод.

При наличии масляных, кислотных или щелочных пятен в количестве не более 5—7, определенных точно на трапециях оболочки, при диаметре этих пятен не более 80—100 мм, эти места вырезаются диаметром не менее 200 мм или квадратом со стороной не менее 200 мм. На вырезанные места накладываются заплаты по правилам заделки вырезов кусков оболочки для испытаний.

Наличие таких пятен в сложенной оболочке в складских условиях местными средствами ликвидировать нельзя; оболочка должна быть отправлена на завод для подробного исследования.

При наличии углового разрыва, не задевающего швы, ремонт производится на месте наложением продольных заплат с наружной и внутренней сторон оболочки и наложением круглых шайб диаметром от 50 до 100 мм с внутренней стороны в углах треугольника, образованного таким разрывом.

При действии на оболочку отравляющих веществ (ОВ), хотя бы и слабой концентрации, последняя снимается с эксплуатации и направляется на завод для проверки ее прочности и исследования.

Глава XIII

ХРАНЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ЧАСТИ НА СКЛАДАХ

Склады разделяются на постоянные, временные и полевые. Постоянные склады преимущественно каменные, отапливаемые. Температура помещения имеет большое значение для хранения имущества, в особенности для резины.

Зимой температура не должна быть ниже 3° С, летом — не выше 15°. В каменных зданиях в умеренном климате удерживать такие температуры нетрудно; хуже обстоит дело со складами в южных областях; там каменные склады летом имеют настолько высокую температуру, что это влияет на качество воздухоплавательного имущества. В этих областях надо рекомендовать склады подвального и полуподвального типов с толком и прослойкой нетеплопроводной изоляции.

Полы в складах должны быть бетонные или мастичные, типа применяемых в конфекционных цехах заводов, изготовляющих воздухоплавательную продукцию. Деревянных полов надо избегать, как способствующих сырости, укрытию грызунов и усложняющих поддержку чистоты помещения. Освещение складов должно быть электрическое, проводка — надежной в противопожарном отношении; на складе необходимо иметь все противопожарные средства в достаточном количестве. Стекла окон

в складах лучше иметь цветные: желтые, красные. При белых стеклах окна должны быть завешены цветной (желтой) тканью. Цветные окна ослабляют влияние солнечного света.

Влажность складского помещения следует поддерживать в определенных пределах — от 50 до 70%. Проверку температуры и влажности в постоянных складах необходимо производить обязательно самописцами; это позволяет контролировать правильный режим при хранении имущества. Постоянные склады могут быть и многоэтажными, но громоздкие вещи и резиновые изделия надо хранить в первом этаже; для обслуживания верхних этажей должен быть грузовой лифт. Вход в склад должен быть широким и расположен с торцевых сторон склада, чтобы не затруднять вноса и выноса громоздкого воздухоплавательного имущества. Склад оборудуется деревянными стеллажами, расположенными в 2—3 яруса. Дерево, идущее на постройку стеллажей, должно быть сухое, без пороков. Расстояние между стеллажами должно обеспечивать удобный подход к ним, в особенности к оболочкам аэростатов. Это расстояние обычно делается в 1,5—2 м.

Временные склады почти всегда деревянные и одноэтажные. Эти склады предназначены для сезонного хранения воздухоплавательного имущества в лагерный период и во время сборов. Склады — неотопливаемые, с деревянным или земляным полом. Выбор места для таких складов должен быть произведен в тенистом сухом месте, лучше на косогоре, с устройством с нагорной стороны канавы для отвода воды. Склад оборудуется простейшими стеллажами. Количество воздухоплавательного имущества в таких складах должно быть ограничено. Кроме необходимого вспомогательного имущества при эксплуатации аэростатов, количество запасного материала не должно превышать квартальной потребности; при более длительном пользовании складом запасы пополняются из основных складов. Хранение снятых с эксплуатации оболочек во временном складе более 1—1½ декады не рекомендуется; последние следует направлять или в основной склад, или на заводы.

Полевые склады представляют собой палатки, предназначенные для хранения ограниченного количества воздухоплавательного имущества. На земле, внутри палатки, должен быть устроен деревянный настил на высоте 0,25 м от земли. Место для палатки-склада надо выбирать в сухой теневой местности, с предохранительными мерами от проникновения воды. В жаркие летние дни температура в палатке бывает высокой; тогда для проветривания нагретого воздуха полезно поднимать края палатки. Оболочки и газгольдеры хранятся в пакетах на деревянных настилах; такелаж, запасные шнуры, клапаны могут быть расположены на пакетах или на настиле, покрытом брезентом.

Оболочки должны поступать в склад на хранение после тщательного осмотра и в сухом состоянии. Хранятся они в ящиках, пакетах или в чехлах. Ящики устанавливаются на полу;

оболочки — в пакетах и чехлах — хранятся на стеллажах. К оболочкам как к резиновым изделиям при их хранении предъявляются повышенные требования. Совершенно естественно, что в постоянных складах должны быть созданы все условия по температуре и влажности, соответствующие хранению резиновых изделий.

Оболочки, хранящиеся на стеллажах в пакетах (укупорочных мешках), должны быть расположены так, чтобы нагрузка на 1 м² стеллажа не превышала 100 кг. При этом условии пакеты с оболочками могут быть уложены один на другой в 2 ряда. Сущность такого условия такова, что оболочки, плотно упакованные в пакетах (в мешках), имеют много складок, которые остаются в плотно спрессованном виде за все время хранения; увеличение этой прессовки за счет хотя бы и равномерной нагрузки сверху недопустимо, чем и вызвано ограничение нагрузки на стеллаж в пределах приведенного выше значения. Часто оболочки хранятся сложенными и вытянутыми во всю длину. Такие оболочки обычно завернуты в хлопчатобумажную или льняную ткань и через 1,5—2 м перевязаны лентами. Эти ленты в складах необходимо ослаблять. Такой способ хранения является лучшим, так как складки оболочек и газгольдеров являются менее спрессованными. При отсутствии матерчатых чехлов оболочки укладываются не прямо на стеллаж, а на ткань, большей частью хлопчатобумажную. Если такие оболочки наложены одна на другую, то между ними обязательно должна быть матерчатая прокладка, но ни в коем случае не баллонная материя от старых оболочек. Совершенно не допускается совместное хранение здоровых оболочек с забракованными. Они должны храниться совершенно отдельно и в равных помещениях.

Металлические части (кольца, блоки, тросы), которые не могут быть сняты с оболочки, обвертываются лентой. Если оболочки хранятся вместе с несъемным такелажем, то последний собирается в один и два пучка, которые при хранении на стеллажах располагаются сбоку оболочки. Для предохранения от возможного слипания складки оболочек снаружи припудриваются тальком. Введение талька внутрь оболочки, как это в широких масштабах практиковалось прежде, совершенно не разрешается. Исследования показали, что при выходе через отверстия водорода вместе с частицами талька, который почему-либо имеется внутри оболочки, электризация возрастает во много сотен раз, что делает эксплуатацию оболочки опасной. Тальк внутри оболочки может быть лишь в ничтожных долях, после легкого припудривания заплат с внутренней стороны, наложенных при осмотре.

Прорезиненные шланги хранятся свернутыми в плоские рулоны на средних или верхних стеллажах. Шланги могут храниться пачками по 6—7 штук.

Веревочный такелаж хранится в вытянутом виде на средних или верхних стеллажах. Такелаж перевязывается через 1—1,5 м лентами или шпагатом. Бухты новых веревок должны быть

обвернуты бумагой (заводская упаковка), свернутые бухты отдельных строп укладываются на стеллажах, на бумаге; гайды можно хранить на полу.

Резиновые шнуры в бухтах хранятся на стеллажах, покрытых бумагой или материей. Новые резиновые шнуры обязательно отделяются от забракованных шнуров. Так как резиновые шнуры являются наиболее ходовым расходным материалом, то выдачу их надо производить в определенной последовательности: сначала выдается шнур изготовления ранних годов и полугодий, а затем последующих годов. Все бухты шнуров маркируются и раскладываются по годам и полугодиям.

В случае отсутствия на шнурах маркировочных данных и даты изготовления последняя может быть легко определена по цвету одинарных или двойных нитей в оплетке, который соответствует определенному времени изготовления.

Хранить клапаны надо особенно тщательно. Клапан необходимо располагать на полках или стеллажах, покрытых бумагой или материей; вполне целесообразно закрывать их бумагой сверху. На каждом клапане надо иметь бирку из баллонной материи с указанием его веса и к какому аэростату клапан предназначен. Для клапанов сферических аэростатов указывается еще и нагрузка, при которой они открываются.

Баллонные материи и ткани хранятся свернутыми в рулоны на стеллажах, покрытых бумагой. Если баллонных материй и тканей много, то для них лучше изготовить пирамиду. На боковой станине пирамиды надписывается номер материи или краткое ее обозначение.

При выдаче материй для ремонта оболочек от куска материи отрезается необходимое количество, а на оставшемся куске делается надпись простым карандашом количества материи, которое осталось в рулоне.

Резиновый клей хранится обязательно в закрытом виде. Брезенты, балластные мешки, перчатки, туфли перед поступлением в склад должны быть высушены и хранятся в сложенном виде пачками.

Оболочки и такелаж просматриваются два раза в год, для чего в ясные сухие безветренные дни они выносятся из склада; оболочки наполняются воздухом, просматриваются, если надо, ремонтируются, складываются вновь и в сухом виде вносятся в склад. Просмотр оболочек производят на брезентах. Оболочки оставляют наполненными воздухом около 4 часов; за это время складки расправляются.

Такелаж просматривается одновременно с оболочками, для чего его выносят на воздух, раскладывают на земле (но не на песке), тщательно просматривают, особенно узлы, и после 3—4 часов вновь убирают в склад.

Остальное имущество просматривается на выдержку, и если есть подозрение на его порчу, то вся партия просматривается полностью.

Сроки хранения прорезиненных изделий (шнуров, оболочек

и пр.) без изменения их первоначальных механических свойств достаточно продолжительны (3¹/₂ года и более). Для этого необходимо, чтобы были соблюдены нормальные складские условия хранения.

Проф. Бызов приводит интересные данные качества сырого каучука, хранившегося на складе в течение ряда лет.

	Смолы в %	Золы в %
Пара, промытый в 1910 г.	3,00	0,40
Копченый шит в 1912 г.	4,02	0,29
" " " 1927 "	3,31	0,30
Светлый креп " 1910 "	2,84	0,215
" " " 1927 "	2,60	0,12

Эти данные показывают, что за 15—17 лет каучук не изменился. Практика подтверждает, что хранение на складах оболочек, помещенных туда в хорошем состоянии и при надлежащих условиях хранения, не отражается на их качестве 5 и более лет.

ШКАЛА СИЛЫ ВЕТРА ПО 12-БАЛЛЬНОЙ СИСТЕМЕ БОФОРТА

Приложение 1

Баллы Бофор- та	Скорость ветра			Характери- стика ветра	Оценка ветра на-глаз	Состояние моря
	м/сек	км/час	миль/час			
0	0—0,5	1,8	0,97	Штиль	Дым поднимается отвесно или почти отвесно, листья неподвижны	Зеркальная, ровная поверхность моря
1	0,6— 1,7	2,2— 6,0	1,2— 3,2	Тихий ветер	Дуновение ветра незаметно, направление ветра определяется по дыму	Местная легкая рябь полосами или пятнами
2	1,8— 3,3	6,5—11,9	3,5— 6,4	Легкий "	Дуновение ветра чувствуется лицом, листья шелестят, приводится в движение флюгер	Рябь увеличивается, распространяясь на всю поверхность моря
3	3,4— 5,2	12,2—18,7	6,6—10,1	Слабый "	Листья и тонкие ветви деревьев постоянно колыхаются, ветер развеивает легкие флаги	На сплошной ряби образуются полосы волн, быстро исчезающих
4	5,3— 7,4	19,1—26,6	10,3—14,4	Умеренн. "	Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев	Ясно выраженные волны, местами легкие барашки
5	7,5— 9,8	27,0—35,3	14,6—19,0	Свежий "	Качаются тонкие стволы деревьев	Сплошные барашки, волнистость нарастает и дает отдельные большие волны
6	9,9—12,4	35,6—44,6	19,2—24,1	Сильный ветер	Качаются толстые ветви деревьев, гудят телеграфные провода	Вся поверхность в волнах, отдельные всплески и местами гребни
7	12,5—15,2	45,0—54,7	24,3—29,5	Крепкий ветер	Качаются стволы деревьев, гнутся большие ветви, неудобно идти против ветра	Большие волны с гребнями и пеной, гребни и барашки сливаются
8	15,3—18,2	55,1—65,5	29,8—35,4	Очень крепкий ветер	Ломаются тонкие ветви и сухие сучья деревьев, затрудняется движение пешехода	Качка больших судов, волны увеличиваются, и длина гребней нарастает
9	18,3—21,5	65,9—77,4	35,6—41,8	Шторм	Небольшие разрушения — ветер сбрасывает дымовые трубы и черепицы	Очень большие волны, пена, верхоушки волн срываются ветром, водяная пыль
10	21,6—25,1	77,8—90,4	42,0—48,8	Сильный шторм	Значительные разрушения — деревья вырываются с корнем	Брызги и пена срываются и несутся в воздухе
11	25,2—29,0	90,7—104,0	49,0—56,2	Жестокий шторм	Большие разрушения	То же
12	Более 29,0	104,0 и более	56,2 и более	Ураган	То же в большем масштабе	То же в большем масштабе

ТАБЛИЦА МЕЖДУНАРОДНОЙ СТАНДАРТНОЙ АТМОСФЕРЫ

z м	t_z °C	T_z °C	$\frac{T_z}{T_0}$	$\frac{p_z}{p_0}$	$\frac{\rho_z}{\rho_0}$	P мм Hg	$\rho_z = \frac{\gamma}{g}$	γ кг/м³
-1 000	21,500	294,500	1,0226	1,1244	1,0996	854,58	0,1374	1,3476
-950	21,175	294,175	1,0214	1,1179	1,0945	849,63	0,1368	1,3413
-900	20,850	293,850	0203	1115	0893	844,71	1361	3350
-850	20,525	293,525	0192	1050	0842	839,82	1355	3287
-800	20,200	293,200	0181	0986	0791	834,94	1349	3225
-750	19,875	292,875	0170	0922	0740	830,08	1342	3162
-700	19,550	292,550	0158	0859	0690	825,25	1336	3100
-650	19,225	292,225	0147	0796	0639	820,45	1330	3038
-600	18,900	291,900	0135	0733	0589	815,67	1323	2977
-550	18,575	291,575	0124	0670	0539	810,91	1317	2916
-500	18,250	291,250	1,0113	1,0607	1,0489	806,16	0,1311	1,2854
-450	17,925	290,925	1,0102	1,0545	1,0439	801,44	0,1305	1,2793
-400	17,600	290,600	0091	0484	0390	796,75	1298	2733
-350	17,275	290,275	0079	0422	0341	792,09	1292	2672
-300	16,950	289,950	0068	0361	0291	787,44	1286	2612
-250	16,625	289,625	0056	0300	0242	782,81	1280	2552
-200	16,300	289,300	0045	0240	0193	778,20	1274	2492
-150	15,975	288,975	0034	0175	0145	773,62	1268	2433
-100	15,650	288,650	0023	0119	0096	769,06	1262	2373
- 50	15,325	288,325	0011	0059	0048	764,52	1256	2314
0	15,000	288,000	1,0000	1,0000	1,0000	760,00	0,1250	1,2255
50	14,675	287,675	0,9989	0,9941	0,9952	755,50	0,1244	1,2196
100	14,350	287,350	9978	9882	9904	751,03	1238	2137
150	14,025	287,025	9966	9823	9856	746,57	1232	2079
200	13,700	286,700	9955	9765	9809	742,12	1226	2021
250	13,375	286,375	9944	9707	9762	737,73	1220	1963
300	13,050	286,050	9933	9649	9715	733,35	1214	1905
350	12,725	285,725	9921	9592	9668	728,97	1208	1848
400	12,400	285,400	9910	9534	9621	724,62	1202	1791
450	12,075	285,075	9899	9478	9575	720,30	1197	1734
500	11,750	284,750	0,9887	0,9421	0,9528	715,99	0,1191	1,1677
550	11,425	284,425	0,9876	0,9364	0,9482	711,71	0,1185	1,1620
600	11,100	284,100	9865	9308	9436	707,45	1179	1564
650	10,775	283,775	9854	9253	9390	703,21	1174	1508
700	10,450	283,450	9842	9197	9345	698,98	1168	1452
750	10,125	283,125	9831	9142	9299	694,78	1162	1396
800	9,800	282,800	9820	9087	9254	690,60	1156	1340
850	9,475	282,475	9808	9031	9208	686,43	1151	1285
900	9,150	282,150	9797	8977	9163	682,30	1145	1230
950	8,825	281,825	9786	8923	9119	678,18	1140	1175
1 000	8,500	281,500	0,9775	0,8870	0,9074	674,09	0,1134	1,1120
1 050	8,175	281,175	0,9763	0,8816	0,9030	670,01	0,1129	1,1065
1 100	7,850	280,850	9752	8762	8985	665,95	1123	1011
1 150	7,525	280,525	9741	8709	8941	661,91	1117	0957
1 200	7,200	280,200	9729	8656	8897	657,89	1112	0903
1 250	6,875	279,875	9718	8604	8853	653,88	1106	0849
1 300	6,550	279,550	9707	8551	8810	649,90	1101	0796
1 350	6,225	279,225	9696	8499	8766	645,94	1096	0743

z м	t_z °C	T_z °C	$\frac{T_z}{T_0}$	$\frac{p_z}{p_0}$	$\frac{\rho_z}{\rho_0}$	P мм Hg	$\rho_z = \frac{\gamma}{g}$	γ кг/м³
1 400	5,900	278,900	0,9684	0,8448	0,8723	642,00	0,1090	1,0690
1 450	5,575	278,575	9673	8396	8680	638,08	1085	0637
1 500	5,250	278,250	0,9662	0,8345	0,8637	634,18	0,1079	1,0584
1 550	4,925	277,925	0,9650	0,8293	0,8594	630,30	0,1074	1,0532
1 600	4,600	277,600	9639	8243	8551	626,44	1069	0480
1 650	4,275	277,275	9628	8192	8509	622,59	1063	0428
1 700	3,950	276,950	9617	8142	8467	618,77	1058	0376
1 750	3,625	276,625	9605	8092	8424	614,97	1053	0324
1 800	3,300	276,300	9594	8042	8382	611,19	1048	0272
1 850	2,975	275,975	9583	7992	8340	607,42	1042	0221
1 900	2,650	275,650	9571	7943	8299	603,67	1037	0170
1 950	2,325	275,325	9560	7894	8257	599,94	1032	0119
2 000	2,000	275,000	0,9549	0,7845	0,8216	596,23	0,1027	1,0068
2 050	1,675	274,675	0,9538	0,7797	0,8175	592,54	0,1022	1,0018
2 100	1,350	274,350	9526	7748	8133	588,86	1016	0,9968
2 150	1,025	274,025	9515	7700	8092	585,19	1011	9918
2 200	0,700	273,700	9504	7652	8052	581,56	1006	9868
2 250	0,375	273,375	9492	7605	8011	577,94	1001	9818
2 300	0,050	273,050	9481	7557	7971	574,34	0996	9768
2 350	-0,275	272,725	9470	7510	7931	570,74	0991	9719
2 400	-0,600	272,400	9459	7463	7891	567,19	0986	9670
2 450	-0,925	272,075	9447	7417	7851	563,64	0981	9621
2 500	-1,250	271,750	0,9436	0,7370	0,7811	560,11	0,0976	0,9572
2 550	-1,575	271,425	0,9425	0,7324	0,7771	556,60	0,0971	0,9523
2 600	-1,900	271,100	9413	7278	7732	553,10	0966	9475
2 650	-2,225	270,775	9402	7231	7691	549,62	0961	9427
2 700	-2,550	270,450	9391	7186	7652	546,17	0957	9379
2 750	-2,875	270,125	9380	7141	7613	542,73	0952	9331
2 800	-3,200	269,800	9368	7097	7575	539,32	0947	9283
2 850	-3,525	269,475	9357	7052	7536	535,91	0942	9236
2 900	-3,850	269,150	9346	7007	7497	532,53	0937	9189
2 950	-4,175	268,825	9334	6962	7459	529,16	0932	9141
3 000	-4,500	268,500	0,9323	0,6918	0,7420	525,79	0,0927	0,9094
3 050	-4,825	268,175	0,9312	0,6874	0,7382	522,46	0,0923	0,9047
3 100	-5,150	267,850	9301	6831	7344	519,14	0918	9001
3 150	-5,475	267,525	9289	6787	7307	515,84	0913	8955
3 200	-5,800	267,200	9278	6744	7269	512,56	0909	8908
3 250	-6,125	266,875	9267	6701	7231	509,28	0904	8862
3 300	-6,450	266,550	9255	6658	7194	506,04	0899	8817
3 350	-6,775	266,225	9244	6616	7157	502,80	0895	8771
3 400	-7,100	265,900	9233	6574	7120	499,58	0890	8726
3 450	-7,425	265,575	9222	6532	7083	496,37	0885	8679
3 500	-7,750	265,250	0,9210	0,6490	0,7046	493,19	0,0881	0,8634
3 550	-8,075	264,925	0,9199	0,6447	0,7009	490,03	0,0876	0,8590
3 600	-8,400	264,600	9188	6406	6972	486,88	0871	8545
3 650	-8,725	264,275	9176	6365	6936	483,75	0867	8501
3 700	-9,050	263,950	9165	6324	6900	480,62	0862	8456
3 750	-9,375	263,625	9154	6283	6864	477,53	0858	8412
3 800	-9,700	263,300	9143	6242	6828	474,44	0853	8368
3 850	-10,025	262,975	9131	6202	6792	471,37	0849	8324

z м	t_z °C	T_z °C	$\frac{T_z}{T_0}$	$\frac{p_z}{p_0}$	$\frac{\rho_z}{\rho_0}$	p мм Hg	$\rho_z = \frac{\gamma}{g}$	γ кг/м³
3 900	—10,350	262,650	0,9120	0,6162	0,6757	468,32	0,0844	0,8281
3 950	—10,675	262,325	9109	6122	6721	465,28	0840	8236
4 000	—11,000	262,000	0,9097	0,6082	0,6686	462,26	0,0836	0,8193
4 050	—11,325	261,675	0,9086	0,6043	0,6651	459,25	0,0831	0,8150
4 100	—11,650	261,350	9075	6004	6616	456,25	0827	8107
4 150	—11,975	261,025	9064	5964	6580	453,28	0822	8065
4 200	—12,300	260,700	9052	5925	6545	450,32	0818	8022
4 250	—12,625	260,375	9041	5886	6511	447,38	0814	7980
4 300	—12,950	260,050	9030	5848	6476	444,46	0809	7938
4 350	—13,275	259,725	9018	5809	6442	441,54	0805	7895
4 400	—13,600	259,400	9007	5771	6408	438,64	0801	7853
4 450	—13,925	259,075	8996	5734	6374	435,77	0797	7811
4 500	—14,250	258,750	0,8985	0,5696	0,6340	432,90	0,0792	0,7770
4 550	—14,575	258,425	0,8973	0,5659	0,6306	430,04	0,0788	0,7728
4 600	—14,900	258,100	8962	5621	6273	427,22	0784	7687
4 650	—15,225	257,775	8951	5584	6238	424,40	0780	7646
4 700	—15,550	257,450	8939	5547	6205	421,59	0775	7605
4 750	—15,875	257,125	8928	5510	6172	418,80	0771	7563
4 800	—16,200	256,800	8917	5474	6139	416,02	0767	7523
4 850	—16,525	256,475	8906	5437	6106	413,27	0763	7483
4 900	—16,850	256,150	8894	5401	6073	410,52	0759	7443
4 950	—17,175	255,825	8883	5365	6041	407,79	0755	7403
5 000	—17,500	255,500	0,8872	0,5330	0,6008	405,09	0,0751	0,7363
5 050	—17,825	255,175	0,8860	0,5295	0,5975	402,38	0,0747	0,7323
5 100	—18,150	254,850	8849	5259	5943	399,69	0743	7283
5 150	—18,475	254,525	8838	5224	5911	397,02	0739	7244
5 200	—18,800	254,200	8827	5189	5879	394,36	0735	7205
5 250	—19,125	253,875	8815	5155	5847	391,71	0731	7166
5 300	—19,450	253,550	8804	5119	5815	389,07	0727	7127
5 350	—19,775	253,225	8793	5085	5784	386,46	0723	7088
5 400	—20,100	252,900	8781	5051	5752	383,88	0719	7049
5 450	—20,425	252,575	8768	5017	5720	381,29	0715	7010
5 500	—20,750	252,250	0,8759	0,4983	0,5689	378,71	0,0711	0,6972
5 550	—21,075	251,925	0,8748	0,4950	0,5658	376,15	0,0707	0,6934
5 600	—21,400	251,600	8736	4916	5627	373,61	0703	6897
5 650	—21,725	251,275	8725	4882	5596	371,09	0699	6859
5 700	—22,050	250,950	8714	4850	5566	368,58	0696	6821
5 750	—22,375	250,625	8703	4817	5535	366,08	0692	6783
5 800	—22,700	250,300	8692	4784	5505	363,59	0688	6746
5 850	—23,025	249,975	8680	4751	5474	361,11	0684	6709
5 900	—23,350	249,650	8669	4719	5444	358,65	0680	6672
5 950	—23,675	249,325	8657	4687	5414	356,20	0677	6635
6 000	—24,000	249,000	0,8646	0,4655	0,5384	353,77	0,0673	0,6598
6 050	—24,325	248,675	0,8635	0,4622	0,5354	351,35	0,0669	0,6561
6 100	—24,650	248,350	8624	4591	5325	348,94	0665	6525
6 150	—24,975	248,025	8612	4559	5294	346,55	0662	6489
6 200	—25,300	247,700	8601	4528	5265	344,17	0658	6453
6 250	—25,625	247,375	8590	4497	5236	331,81	0654	6417
6 300	—25,950	247,050	8578	4466	5207	339,47	0651	6380
6 350	—26,275	246,725	8567	4436	5178	337,13	0647	6345

z м	t_z °C	T_z °C	$\frac{T_z}{T_0}$	$\frac{p_z}{p_0}$	$\frac{\rho_z}{\rho_0}$	p мм Hg	$p_z = \frac{\gamma}{g}$	γ кг/м³
6 400	—26,600	246,400	0,8556	0,4405	0,5149	334,80	0,0644	0,6310
6 450	—26,925	246,075	8545	4374	5119	332,49	0640	6275
6 500	—27,250	245,750	0,8533	0,4344	0,5091	330,18	0,0636	0,6240
6 550	—27,575	245,425	0,8522	0,4314	0,5062	327,90	0,0633	0,6204
6 600	—27,900	245,100	8511	4284	5034	325,62	0629	6169
6 650	—28,225	244,775	8499	4255	5006	323,36	0626	6135
6 700	—28,550	244,450	8488	4225	4977	321,11	0622	6101
6 750	—28,875	244,125	8477	4195	4949	318,87	0619	6066
6 800	—29,200	243,800	8466	4166	4921	316,65	0615	6031
6 850	—29,525	243,475	8454	4137	4893	314,43	0612	5997
6 900	—29,850	243,150	8443	4108	4866	312,23	0608	5964
6 950	—30,175	242,825	8432	4079	4838	310,04	0605	5930
7 000	—30,500	242,500	0,8420	0,4051	0,4810	307,87	0,0601	0,5896
7 050	—30,825	242,175	0,8409	0,4022	0,4783	305,71	0,0598	0,5862
7 100	—31,150	241,850	8398	3993	4756	303,56	0594	5827
7 150	—31,475	241,525	8387	3965	4729	301,42	0591	5796
7 200	—31,800	241,200	8375	3937	4702	299,29	0588	5762
7 250	—32,125	240,875	8364	3910	4674	297,18	0584	5729
7 300	—32,450	240,550	8353	3883	4648	295,08	0581	5697
7 350	—32,775	240,225	8341	3855	4621	292,99	0578	5664
7 400	—33,100	239,900	8330	3828	4595	290,90	0574	5632
7 450	—33,425	239,575	8319	3800	4569	288,84	0571	5599
7 500	—33,750	239,250	0,8308	0,3773	0,4542	286,79	0,0568	0,5567
7 550	—34,075	238,925	0,8296	0,3746	0,4516	284,75	0,0564	0,5535
7 600	—34,400	238,600	8285	3720	4490	282,72	0561	5503
7 650	—34,725	238,275	8274	3693	4464	280,69	0558	5471
7 700	—35,050	237,950	8262	3667	4439	278,69	0555	5440
7 750	—35,375	237,625	8251	3640	4412	276,70	0552	5398
7 800	—35,700	237,300	8240	3614	4386	274,71	0548	5377
7 850	—36,025	236,975	8229	3588	4361	272,74	0545	5345
7 900	—36,350	236,650	8217	3563	4336	270,78	0542	5314
7 950	—36,675	236,325	8206	3537	4310	268,83	0539	5283
8 000	—37,000	236,000	0,8195	0,3512	0,4285	266,89	0,0536	0,5252
8 050	—37,325	235,675	0,8183	0,3486	0,4260	264,97	0,0532	0,5221
8 100	—37,650	235,350	8172	3461	4235	263,06	0529	5191
8 150	—37,975	235,025	8161	3436	4211	261,16	0526	5161
8 200	—38,300	234,700	8149	3411	4185	259,26	0523	5130
8 250	—38,625	234,375	8138	3386	4161	257,38	0520	5100
8 300	—38,950	234,050	8127	3362	4137	255,51	0517	5070
8 350	—39,275	233,725	8116	3337	4113	253,65	0514	5040
8 400	—39,600	233,400	8104	3312	4088	251,79	0511	5010
8 450	—39,925	233,075	8093	3288	4063	249,96	0508	4981
8 500	—40,250	232,750	0,8082	0,3265	0,4040	248,13	0,0505	0,4952
8 550	—40,575	232,425	0,8071	0,3241	0,4016	246,32	0,0502	0,4922
8 600	—40,900	232,100	8059	3217	3992	244,52	0499	4893
8 650	—41,225	231,775	8048	3193	3968	242,73	0496	4864
8 700	—41,550	231,450	8037	3170	3945	240,94	0493	4834
8 750	—41,875	231,125	8025	3146	3921	239,17	0490	4805
8 800	—42,200	230,800	8014	3123	3898	237,40	0487	4777
8 850	—42,525	230,475	8003	3101	3874	235,65	0484	4749

z м	t_z °C	T_z °C	$\frac{T_z}{T_0}$	$\frac{p_z}{p_0}$	$\frac{\rho_z}{\rho_0}$	p мм Hg	$\rho_z = \frac{\gamma}{g}$	γ кг/м³
8 900	—42,850	230,150	0,7992	0,3078	0,3851	233,91	0,0481	0,4720
8 950	—43,175	229,825	7980	3054	3828	232,18	0478	4692
9 000	—43,500	229,500	0,7969	0,3032	0,3806	230,45	0,0476	0,4664
9 050	—43,825	229,175	0,7958	0,3009	0,3782	228,74	0,0473	0,4625
9 100	—44,150	228,850	7946	2987	3759	227,05	0470	4607
9 150	—44,475	228,525	7935	2965	3737	225,37	0467	4580
9 200	—44,800	228,200	7924	2942	3715	223,68	0464	4552
9 250	—45,125	227,875	7913	2921	3692	222,01	0461	4525
9 300	—45,450	227,550	7901	2899	3669	220,35	0459	4498
9 350	—45,775	227,225	7890	2877	3647	218,69	0456	4470
9 400	—46,100	226,900	7879	2856	3625	217,06	0453	4443
9 450	—46,425	226,575	7867	2835	3603	215,44	0450	4416
9 500	—46,750	226,250	0,7856	0,2813	0,3580	213,82	0,0448	0,4388
9 550	—47,075	225,925	0,7845	0,2792	0,3559	212,22	0,0445	0,4362
9 600	—47,400	225,600	7833	2771	3538	210,62	0442	4336
9 650	—47,725	225,275	7822	2750	3517	209,02	0439	4309
9 700	—48,050	224,950	7811	2730	3495	207,44	0437	4283
9 750	—48,375	224,625	7800	2708	3473	205,86	0434	4257
9 800	—48,700	224,300	7788	2688	3452	204,30	0431	4230
9 850	—49,025	223,975	7777	2667	3431	202,75	0429	4204
9 900	—49,350	223,650	7766	2647	3409	201,21	0426	4178
9 950	—49,675	223,325	7754	2627	3388	199,68	0423	4152
10 000	—50,000	223,000	0,7743	0,2606	0,3367	198,16	0,0421	0,4127
10 100	—50,650	222,350	0,7721	0,2567	0,3323	195,14	0,0416	0,4075
10 200	—51,300	221,700	7698	2528	3279	192,16	0411	4026
10 300	—51,950	221,050	7675	2490	3235	189,22	0405	3976
10 400	—52,600	220,400	7653	2451	3191	186,31	0400	3926
10 500	—53,250	219,750	0,7630	0,2414	0,3147	183,45	0,0395	0,3876
10 600	—53,900	219,100	0,7608	0,2377	0,3104	180,61	0,0390	0,3828
10 700	—54,550	218,450	7585	2339	3061	172,82	0386	3775
10 800	—55,200	217,800	7563	2301	3044	174,88	0381	3730
10 900	—55,850	217,150	7540	2268	3007	172,37	0376	3685
11 000	—56,500	216,500	0,7517	0,2229	0,2967	169,40	0,0371	0,3636
11 100	—56,500	216,500	0,7517	0,2194	0,2920	166,74	0,0365	0,3578
11 200	—56,500	216,500	7517	2160	2875	164,16	0359	3523
11 300	—56,500	216,500	7517	2126	2830	161,58	0354	3468
11 400	—56,500	216,500	7517	2093	2786	159,07	0348	3414
11 500	—56,500	216,500	7517	2060	2742	156,56	0343	3360
11 600	—56,500	216,500	7517	2028	2699	154,13	0337	3308
11 700	—56,500	216,500	7517	1997	2658	151,77	0332	3257
11 800	—56,500	216,500	7517	1965	2616	149,34	0327	3206
11 900	—56,500	216,500	7517	1934	2574	146,98	0322	3154
12 000	—56,500	216,500	0,7517	0,1903	0,2533	144,63	0,0317	0,3104
12 100	—56,500	216,500	0,7517	0,1873	0,2493	142,35	0,0312	0,3055
12 200	—56,500	216,500	7517	1845	2456	140,22	0307	3010
12 300	—56,500	216,500	7517	1816	2417	138,02	0302	2962
12 400	—56,500	216,500	7517	1787	2379	135,81	0297	2915
12 500	—56,500	216,500	7517	1759	2341	133,68	0293	2869

z м	t_z °C	T_z °C	$\frac{T_z}{T_0}$	$\frac{p_z}{p_0}$	$\frac{p_z}{p_0}$	p мм Hg	$p_z = \frac{\gamma}{g}$	γ кг/м³
12 600	-56,500	216,500	0,7517	0,1732	0,2306	131,63	0,0288	0,2826
12 700	-56,500	216,500	7517	1705	2269	129,58	0284	2781
12 800	-56,500	216,500	7517	1678	2233	127,53	0279	2737
12 900	-56,500	216,500	7517	1651	2198	125,48	0275	2694
13 000	-56,500	216,500	0,7517	0,1627	0,2165	123,65	0,0271	0,2653
13 100	-56,500	216,500	0,7517	0,1601	0,2131	121,68	0,0266	0,2612
13 200	-56,500	216,500	7517	1575	2097	119,70	0262	2570
13 300	-56,500	216,500	7517	1550	2064	117,80	0258	2529
13 400	-56,500	216,500	7517	1526	2031	115,98	0254	2489
13 500	-56,500	216,500	7517	1503	2001	114,23	0250	2452
13 600	-56,500	216,500	7517	1479	1969	112,40	0246	2413
13 700	-56,500	216,500	7517	1456	1938	110,66	0242	2375
13 800	-56,500	216,500	7517	1433	1907	108,91	0238	2337
13 900	-56,500	216,500	7517	1411	1879	107,24	0235	2303
14 000	-56,500	216,500	0,7517	0,1389	0,1849	105,56	0,0231	0,2266
14 100	-56,500	216,500	0,7517	0,1367	0,1819	103,89	0,0227	0,2229
14 200	-56,500	216,500	7517	1345	1791	102,22	0224	2195
14 300	-56,500	216,500	7517	1324	1762	100,62	0220	2159
14 400	-56,500	216,500	7517	1304	1736	99,10	0217	2127
14 500	-56,500	216,500	7517	1283	1708	97,51	0214	2093
14 600	-56,500	216,500	7517	1263	1681	95,99	0210	2060
14 700	-56,500	216,500	7517	1243	1655	94,47	0207	2028
14 800	-56,500	216,500	7517	1225	1630	93,10	0204	1998
14 900	-56,500	216,500	7517	1205	1604	91,58	0201	1966
15 000	-56,500	216,500	0,7517	0,1186	0,1579	90,14	0,0197	0,1935

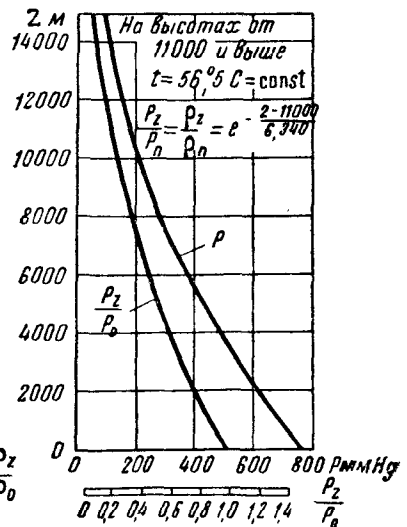
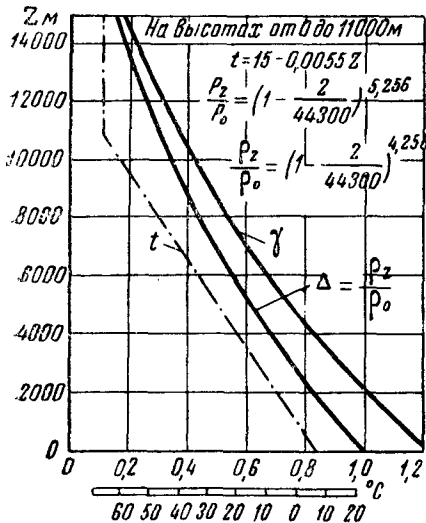


Рис. 225. Изменение плотности, температуры и давления в международной стандартной атмосфере.

НОМОГРАММА для определения плотности воздуха при данном атмосферном давлении и температуре

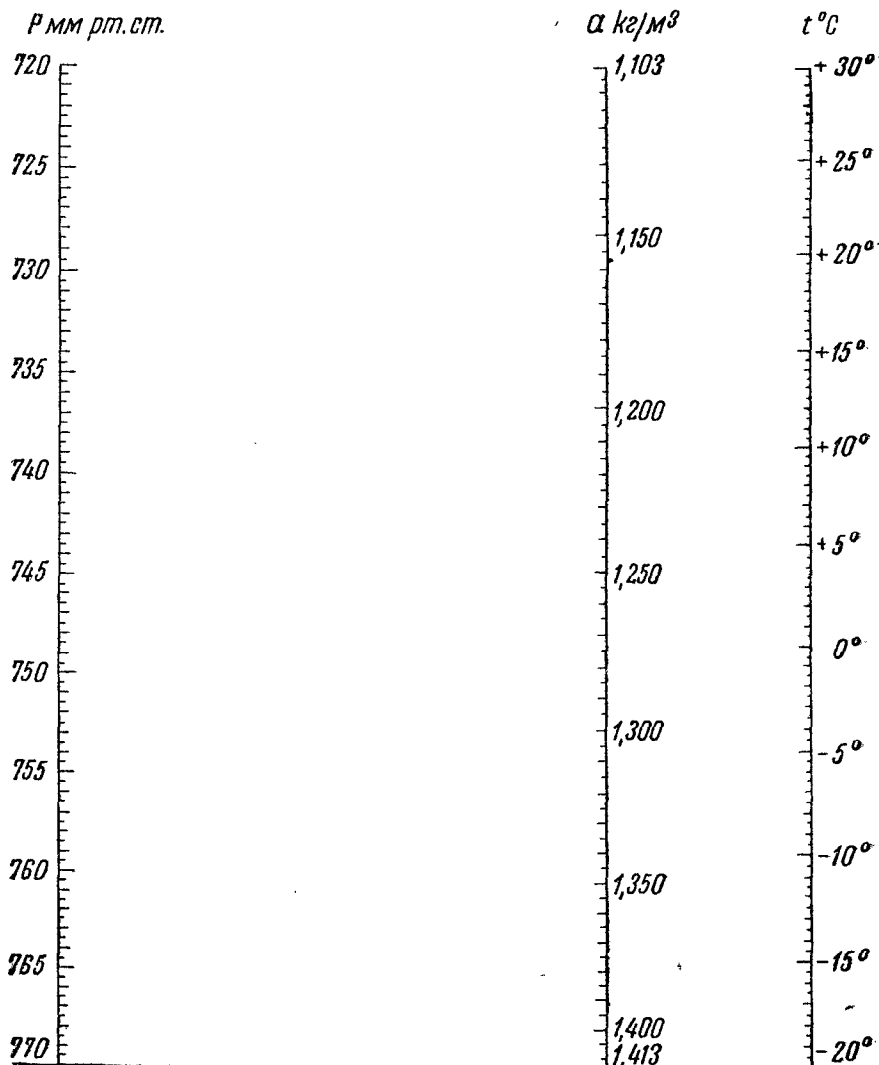


Рис. 226.

ПОЛЬЗОВАНИЕ НОМОГРАММОЙ

Определить плотность воздуха (α) весьма просто, зная величину атмосферного давления (p) по барометру в мм рт. ст. и температуру воздуха (t) в градусах С.

Цифры, выражающие давление и температуру в данный момент и найденные на вертикальных шкалах, соединяются линейкой, и в месте пересечения со шкалой плотности отсчитывается значение последней.

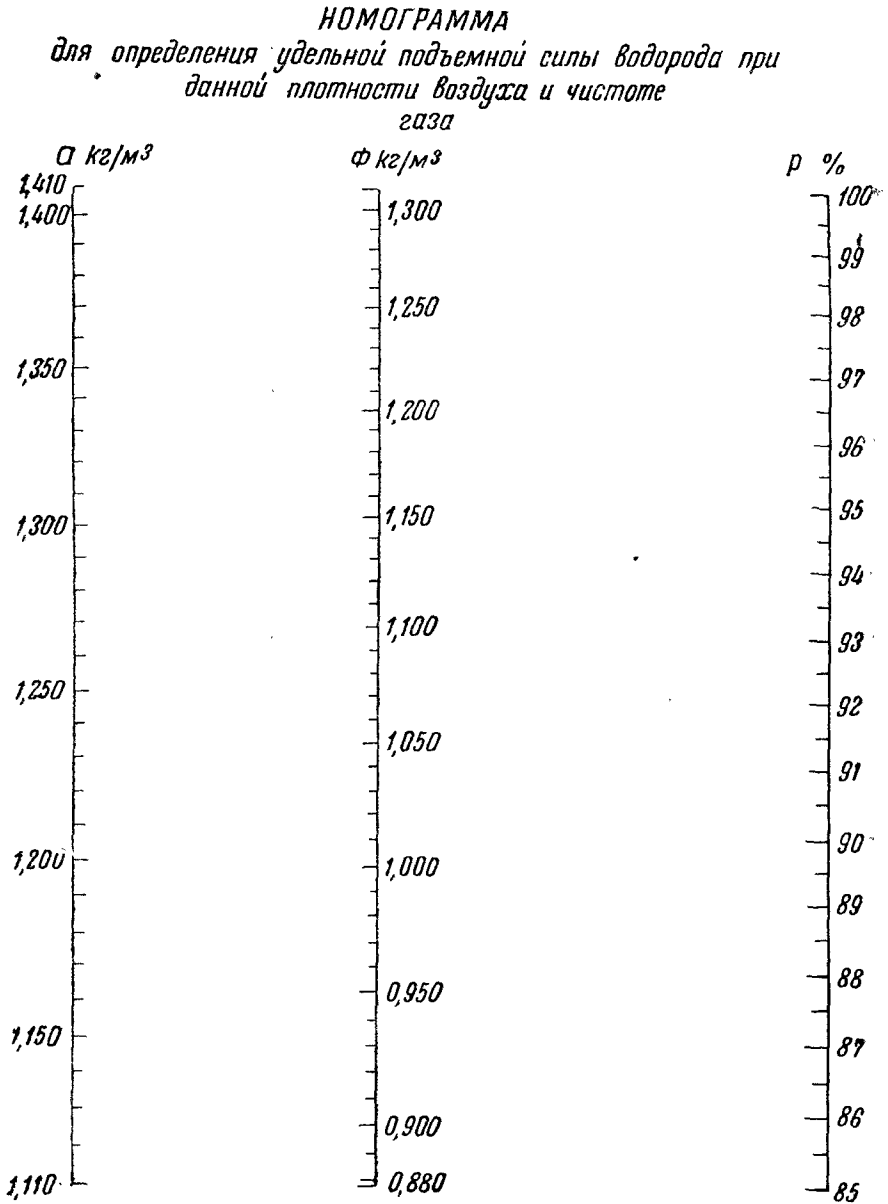


Рис. 227.

Определив плотность воздуха по номограмме (приложение 3) и зная чистоту газа (водорода) в процентах (P), таким же путем получим значение удельной подъемной силы водорода (ϕ).

ТАБЛИЦА ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ ВОДОРОДА В ЗАВИСИМО

		Чистота												
Температура		100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88
30°		1,084	1,073	1,063	1,052	1,040	1,030	1,019	1,003	0,992	0,986	0,976	0,964	0,953
28		1,091	1,080	1,070	1,059	1,047	1,037	1,026	1,015	1,004	0,993	0,982	0,970	0,960
26		1,099	1,088	1,077	1,066	1,054	1,044	1,033	1,022	1,010	1,000	0,989	0,978	0,967
24		1,106	1,095	1,084	1,073	1,061	1,051	1,040	1,029	1,017	1,006	0,996	0,985	0,974
22		1,114	1,103	1,092	1,081	1,069	1,058	1,047	1,036	1,024	1,013	1,002	0,991	0,980
20		1,124	1,110	1,098	1,087	1,076	1,065	1,054	1,043	1,031	1,020	1,009	0,997	0,985
18		1,128	1,117	1,106	1,095	1,084	1,072	1,061	1,050	1,038	1,026	1,016	1,004	0,992
16		1,136	1,125	1,114	1,102	1,091	1,080	1,068	1,057	1,045	1,033	1,022	1,011	0,999
14		1,144	1,133	1,121	1,110	1,098	1,087	1,076	1,064	1,052	1,041	1,030	1,019	1,006
12		1,153	1,142	1,131	1,119	1,107	1,095	1,083	1,071	1,060	1,048	1,037	1,025	1,013
10		1,161	1,149	1,137	1,125	1,113	1,102	1,090	1,079	1,067	1,056	1,044	1,032	1,020
8		1,168	1,156	1,144	1,132	1,121	1,110	1,098	1,086	1,074	1,063	1,052	1,040	1,028
6		1,177	1,165	1,153	1,141	1,129	1,118	1,106	1,094	1,082	1,070	1,059	1,047	1,035
4		1,185	1,173	1,161	1,149	1,137	1,126	1,114	1,102	1,090	1,078	1,067	1,055	1,043
2		1,195	1,183	1,171	1,159	1,147	1,135	1,123	1,111	1,099	1,087	1,075	1,063	1,051
0		1,203	1,191	1,179	1,167	1,155	1,143	1,131	1,119	1,107	1,095	1,083	1,071	1,059
— 2°		1,212	1,200	1,188	1,176	1,164	1,152	1,140	1,128	1,116	1,104	1,091	1,079	1,067
— 4		1,221	1,209	1,197	1,185	1,173	1,160	1,148	1,136	1,124	1,112	1,099	1,087	1,075
— 6		1,230	1,218	1,206	1,193	1,180	1,168	1,156	1,144	1,132	1,120	1,107	1,095	1,083
— 8		1,239	1,227	1,215	1,202	1,190	1,177	1,165	1,153	1,140	1,128	1,115	1,103	1,090
— 10		1,248	1,236	1,223	1,210	1,198	1,186	1,174	1,162	1,150	1,137	1,124	1,112	1,100
— 12		1,258	1,245	1,232	1,220	1,208	1,195	1,182	1,170	1,157	1,145	1,132	1,119	1,106
— 14		1,268	1,256	1,243	1,231	1,218	1,205	1,192	1,179	1,167	1,154	1,141	1,129	1,116
— 16		1,278	1,266	1,253	1,240	1,227	1,214	1,202	1,190	1,177	1,164	1,151	1,139	1,126
— 18		1,288	1,275	1,262	1,249	1,236	1,223	1,210	1,198	1,185	1,172	1,159	1,147	1,134
— 20		1,298	1,285	1,272	1,259	1,246	1,233	1,220	1,207	1,194	1,181	1,168	1,155	1,142
— 22		1,308	1,295	1,282	1,269	1,256	1,243	1,229	1,216	1,203	1,190	1,177	1,164	1,151
— 24		1,319	1,306	1,293	1,280	1,266	1,253	1,240	1,226	1,213	1,200	1,187	1,173	1,160
— 26		1,329	1,316	1,303	1,290	1,276	1,263	1,250	1,236	1,223	1,210	1,197	1,183	1,170
— 28		1,341	1,327	1,313	1,300	1,287	1,274	1,260	1,246	1,233	1,220	1,207	1,193	1,180
— 30		1,352	1,339	1,326	1,312	1,298	1,284	1,271	1,257	1,244	1,230	1,217	1,204	1,190

Примечание. В зависимости от величины атмосферного давления в момент
ной силы на соответствующий

СТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСТОТЫ ГАЗА И ТЕМПЕРАТУРЫ

газа в %о											Поправочный коэффициент подъемной силы на атмосферное давление			
87	86	85	84	83	82	81	80	78	75	70	давл.	коэфф.	давл.	коэфф.
0,943	0,932	0,921	0,910	0,900	0,889	0,878	0,867	0,845	0,813	0,759	760	1,000	760	1,000
0,950	0,939	0,928	0,917	0,906	0,895	0,884	0,873	0,851	0,818	0,764	761	1,001	759	0,999
0,956	0,945	0,934	0,923	0,912	0,901	0,890	0,879	0,857	0,824	0,769	762	1,003	758	0,998
0,963	0,951	0,940	0,929	0,918	0,907	0,896	0,885	0,863	0,830	0,774	763	1,004	757	0,996
0,969	0,958	0,947	0,935	0,924	0,913	0,902	0,891	0,868	0,835	0,780	764	1,005	756	0,995
0,975	0,964	0,953	0,942	0,930	0,919	0,908	0,897	0,874	0,841	0,785	765	1,007	755	0,993
0,981	0,970	0,959	0,948	0,937	0,926	0,914	0,903	0,880	0,846	0,790	766	1,008	754	0,992
0,988	0,977	0,966	0,955	0,944	0,932	0,920	0,909	0,886	0,852	0,795	767	1,009	753	0,991
0,996	0,984	0,973	0,961	0,950	0,939	0,927	0,916	0,893	0,858	0,801	768	1,011	752	0,990
1,001	0,990	0,978	0,967	0,956	0,945	0,934	0,922	0,899	0,864	0,807	769	1,012	751	0,988
1,010	0,998	0,986	0,974	0,962	0,950	0,938	0,927	0,904	0,870	0,812	770	1,013	750	0,987
1,016	1,004	0,993	0,981	0,969	0,957	0,946	0,935	0,911	0,876	0,818	771	1,015	749	0,986
1,023	1,011	1,000	0,988	0,976	0,964	0,953	0,942	0,918	0,883	0,824	772	1,016	748	0,984
1,031	1,019	1,007	0,995	0,983	0,971	0,959	0,948	0,924	0,889	0,830	773	1,017	747	0,983
1,039	1,027	1,015	1,003	0,991	0,979	0,967	0,956	0,932	0,896	0,836	774	1,018	746	0,982
1,049	1,035	1,023	1,011	1,000	0,988	0,976	0,964	0,940	0,902	0,842	775	1,020	745	0,980
											776	1,021	744	0,979
											777	1,022	743	0,978
1,055	1,043	1,030	1,018	1,006	0,994	0,982	0,970	0,946	0,909	0,849	778	1,024	742	0,976
1,063	1,051	1,038	1,026	1,014	1,002	0,990	0,977	0,952	0,915	0,855	779	1,025	741	0,975
1,070	1,058	1,045	1,033	1,020	1,008	0,996	0,984	0,959	0,922	0,861	780	1,026	740	0,974
1,078	1,065	1,053	1,040	1,028	1,016	1,004	0,991	0,966	0,929	0,868	782	1,029	738	0,971
1,087	1,074	1,061	1,049	1,037	1,025	1,012	0,999	0,974	0,936	0,874	784	1,032	736	0,968
1,094	1,081	1,069	1,056	1,043	1,030	1,018	1,006	0,981	0,943	0,881	786	1,034	734	0,966
1,103	1,091	1,078	1,066	1,054	1,041	1,028	1,015	0,990	0,951	0,888	788	1,037	732	0,963
1,113	1,100	1,087	1,075	1,062	1,049	1,036	1,023	0,998	0,959	0,895	790	1,039	730	0,961
1,121	1,108	1,095	1,082	1,069	1,056	1,043	1,030	1,005	0,966	0,901	792	1,042	728	0,958
1,129	1,116	1,103	1,090	1,077	1,064	1,051	1,038	1,012	0,973	0,909	794	1,045	726	0,955
1,138	1,125	1,112	1,098	1,085	1,072	1,059	1,046	1,020	0,981	0,916	796	1,047	724	0,953
1,147	1,134	1,121	1,107	1,094	1,081	1,068	1,055	1,029	0,989	0,924	798	1,050	722	0,950
1,156	1,143	1,130	1,117	1,104	1,090	1,077	1,064	1,038	0,997	0,931	800	1,053	720	0,947
1,166	1,153	1,140	1,126	1,113	1,100	1,086	1,073	1,046	1,005	0,939	805	1,059	710	0,934
1,177	1,163	1,149	1,136	1,123	1,109	1,095	1,081	1,054	1,014	0,947	810	1,066	700	0,922

определения подъемной силы необходимо умножать полученное значение подъем-
наблюдаемому давлению коэффициент.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ ГАЗА ПРИ ПОМОЩИ ШАРА-ПИЛОТА

При отсутствии в части специального прибора подъемную силу газа, а следовательно, и чистоту его можно определить с помощью шара-пилота.

1. Берется шар-пилот, взвешивается с точностью до грамма и наполняется газом из аэростата, в котором нужно определить чистоту газа.

2. Шар-пилот, наполненный газом, точно уравнивается, т. е. определяется его сплавная сила (F_1).

Полная подъемная сила шара (Φ) получится из суммы:

$$F_1 + G = \Phi,$$

где G — вес оболочки шара-пилота.

3. Измеряется длина окружности наполненного шара (c) по двум или трем перпендикулярным направлениям и вычисляется диаметр шара (D) по формуле:

$$D = \frac{c}{\pi} \text{ см},$$

где c — среднее значение из измерений длины окружности шара;

$\pi = 3,14159$.

Объем найдем по формуле:

$$V = \frac{\pi D^3}{6},$$

где V — объем шара в см^3 .

4. Затем определяется, какой объем имел бы этот шар-пилот при атмосферном давлении 760 мм и температуре 0°C .

Для этого служит формула:

$$V_0 = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{V}{1 \pm \alpha t},$$

где V_0 — объем в нормальных условиях;

V — объем вычисленный;

p_0 — давление 760 мм;

p — наблюдаемое атмосферное давление;

α — коэффициент объемного расширения газа — $\frac{1}{273} = 0,00367$;

t — температура воздуха в данный момент в $^\circ \text{C}$.

5. Определив V_0 , вычисляют подъемную силу 1 м^3 газа путем деления подъемной силы шара-пилота (Φ) на объем V_0 .

6. В зависимости от подъемной силы 1 м^3 водорода определится его чистота по таблице приложения 5 (строка с температурой, равной 0°).

Так как при этой работе приходится оперировать с небольшим количеством газа, все измерения и подсчеты необходимо производить с большой точностью. Для упрощения работы по вычислениям даются три таблицы.

Таблица 1

Определение диаметра и объема шара-пилота при известной длине окружности

Длина окружности (с) см	Диаметр (D) см	Объем шара (V) см ³	Длина окружности (с) см	Диаметр (D) см	Объем шара (V) см ³
157,08	50	65 450	238,76	76	229 847
160,22	51	69 456	241,90	77	239 040
163,36	52	73 622	245,04	78	248 475
166,50	53	77 952	248,19	79	258 155
169,65	54	82 448	251,33	80	268 083
172,79	55	87 114	254,47	81	278 262
175,93	56	91 952	257,61	82	288 696
179,07	57	96 967	260,75	83	299 387
182,21	58	102 160	263,89	84	310 339
185,35	59	107 536	267,04	85	321 555
188,50	60	113 097	270,18	86	333 038
191,64	61	118 847	273,32	87	344 791
194,78	62	124 788	276,46	88	356 818
197,92	63	130 924	279,60	89	369 121
201,06	64	137 258	282,74	90	381 704
204,20	65	143 793	285,88	91	394 569
207,35	66	150 533	289,03	92	407 720
210,49	67	157 479	292,17	93	421 160
213,63	68	164 636	295,31	94	434 893
216,77	69	172 007	298,45	95	448 921
219,91	70	179 594	301,59	96	463 247
223,05	71	187 402	304,73	97	477 875
226,19	72	195 432	307,88	98	492 807
229,34	73	203 689	311,02	99	508 047
232,48	74	212 175	314,16	100	523 599
236,62	75	220 893			

$$1 \text{ м}^3 = 1\,000\,000 \text{ см}^3$$

Таблица 2

Значения отношения измеренного атмосферного давления к нормальному, равному 760 мм, при подсчетах $\frac{P}{P_0}$ в формуле пункта 4 (стр. 370)

Атмосферное давление наблюдаемое в мм рт. ст.	Отношение $\frac{P}{760}$	Атмосферное давление наблюдаемое в мм рт. ст.	Отношение $\frac{P}{760}$
741	0,9750	748	0,9842
742	0,9763	749	0,9855
743	0,9776	750	0,9869
744	0,9790	751	0,9882
745	0,9803	752	0,9895
746	0,9816	753	0,9908
747	0,9829	754	0,9921

Атмосферное давление наблюдаемое в мм рт. ст.	Отношение $\frac{p}{760}$	Атмосферное давление наблюдаемое в мм рт. ст.	Отношение $\frac{p}{760}$
755	0,9934	768	1,0105
756	0,9947	769	1,0118
757	0,9961	770	1,0132
758	0,9974	771	1,0145
759	0,9987	772	1,0158
760	1,0000	773	1,0171
761	1,00132	774	1,0184
762	1,0026	775	1,0197
763	1,0039	776	1,0211
764	1,0053	777	1,0224
765	1,0066	778	1,0237
766	1,0079	779	1,0250
767	1,0092	780	1,0263

Таблица 3

Значения для $1 + \alpha t$ при подсчетах по формуле пункта 4 (стр. 370)

Температура воздуха наблюдаемая t°	$1 + \alpha t$	Температура воздуха наблюдаемая t°	$1 + \alpha t$
0	1,000000	— 1	0,996335
1	1,003665	— 2	0,992670
2	1,007330	— 3	0,989005
3	1,010955	— 4	0,985340
4	1,014660	— 5	0,981675
5	1,018325	— 6	0,978010
6	1,021990	— 7	0,974345
7	1,025655	— 8	0,980680
8	1,029320	— 9	0,967015
9	1,032985	— 10	0,963350
10	1,036650	— 11	0,959685
11	1,040315	— 12	0,956020
12	1,043980	— 13	0,952355
13	1,047645	— 14	0,948690
14	1,051310	— 15	0,945025
15	1,054975	— 16	0,941360
16	1,058640	— 17	0,937695
17	1,062305	— 18	0,934030
18	1,066070	— 19	0,930365
19	1,069735	— 20	0,926700
20	1,073300	— 21	0,923035
21	1,077065	— 22	0,919370
22	1,080730	— 23	0,915705
23	1,084395	— 24	0,912040
24	1,088060	— 25	0,908375
25	1,091725	— 26	0,904710
26	1,095390	— 27	0,901045
27	1,099055	— 28	0,897380
28	1,102720	— 29	0,893715
29	1,106385	— 30	0,890052
30	1,110050	—	—

ТАБЛИЦА ПЕРЕВОДА КИЛОМЕТРОВ В МОРСКИЕ МИЛИ

Кило- метры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0,54	1,08	1,62	2,16	2,70	3,24	3,78	4,32	4,86	5,40
10	5,40	5,94	6,48	7,03	7,57	8,11	8,65	9,19	9,73	10,27	10,81
20	10,81	11,35	11,89	12,43	12,97	13,51	14,05	14,59	15,13	15,67	16,22
30	16,22	16,76	17,30	17,84	18,38	18,92	19,46	20,00	20,54	21,08	21,62
40	21,62	22,16	22,70	23,24	23,78	24,32	24,86	25,39	25,93	26,47	27,01
50	27,01	27,56	28,10	28,64	29,18	29,72	30,26	30,80	31,34	31,88	32,43
60	32,43	32,97	33,51	34,05	34,59	35,13	35,67	36,21	36,75	37,29	37,83
70	37,83	38,37	38,91	39,45	39,99	40,54	41,08	41,62	42,16	42,70	43,24
80	43,24	43,78	44,32	44,86	45,40	45,94	46,48	47,02	47,56	48,11	48,65
90	48,65	49,19	49,73	50,27	50,80	51,34	51,88	52,42	52,96	53,50	54,04

ТАБЛИЦА ПЕРЕВОДА МОРСКИХ МИЛЬ В КИЛОМЕТРЫ

Мор- ские мили	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7	18,5
10	18,5	20,4	22,2	24,1	25,9	27,8	29,6	31,5	33,3	35,2	37,0
20	37,0	38,9	40,7	42,6	44,5	46,3	48,2	50,0	51,9	53,7	55,6
30	55,6	57,4	59,3	61,1	63,0	64,8	66,7	68,5	70,4	72,2	74,1
40	74,1	75,9	77,8	79,6	81,5	83,3	85,2	87,0	88,9	90,8	92,6
50	92,6	94,5	96,3	98,2	100,0	101,9	103,7	105,6	107,4	109,3	111,1
60	111,1	113,0	114,8	116,7	118,5	120,4	122,2	124,1	125,9	127,8	129,6
70	129,6	131,5	133,8	135,2	137,0	138,9	140,7	142,6	144,5	146,3	148,2
80	148,2	150,0	151,9	153,7	155,6	157,4	159,3	161,1	163,0	164,8	166,7
90	166,7	168,5	170,4	172,2	174,1	175,9	177,8	179,6	181,5	183,3	185,2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ ОБОЛОЧЕК С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЦ

При проведении испытаний на газопроницаемость баллонной материи на приборе для невырезанных образцов предварительно составляется журнал испытаний по следующей форме.

**Испытание 5-й трапеции 3-го полотнища „АЗ“ верхнего № 104 изготовления
193 . . . г. завода**

Время в мин.	Показания индикатора S_{H_2} в %	Температура в °C	Примечание
0	0	+7	Коэффициент прибора 0,98
1	0,02		
2	0,09		
3	0,19		
5	0,39		
7	0,60		
9	0,82		
11	1,01		
13	1,24	+7,3	

Первые 3 минуты из испытания не принимают во внимание, так как еще не установился режим испытания. Далее, из графы H_2 видно, что разности между соседними показаниями одинаковы (около 0,20).

Тогда имеем:

$$T = 13 - 3 = 10,$$

$$S = 1,24 - 0,19 = 1,05.$$

Значение газопроницаемости Z можно вычислить по формуле:

$$Z = \frac{K(100 + S)S}{T} \quad K = 0,98.$$

Но проще пользоваться таблицами, вычисленными только для данного прибора с коэффициентом 0,98. Отыскиваем в таблице для вычисления газопроницаемости по горизонтальной строке значения $S = 1,00$ и по вертикали для $S = 0,05$. На пересечении граф этих величин находим число 103,98, это есть не что иное, как произведение 0,98 (100 + 1,05) 1,05. Разделив полученное произведение на число минут T , в данном случае на 10, получим:

$$Z = 10,398 \text{ л с } 1 \text{ м}^2 \text{ в } 24 \text{ часа при } +7^\circ \text{С.}$$

Для приведения этого значения к $+15^\circ \text{С}$ в таблице поправочных коэффициентов на температуру находим, что значению $+7^\circ \text{С}$ соответствует коэффициент 1,32, на который надо умножить полученное значение Z ; имеем:

$$10,398 \cdot 1,32 = 13,725 \approx 13,73.$$

Значит, $Z = 13,73 \text{ л с } 1 \text{ м}^2 \text{ в } 24 \text{ часа при } 15^\circ \text{С.}$

Таблица для вычисления газопроницаемости невырезанных образцов

Коэффициент 0,98

S	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,00	0,00	98,98	199,92	302,82	407,68	514,50	623,28	734,02	846,72	961,38	1078,00
0,05	4,90	103,98	205,02	308,02	412,97	519,89	628,77	739,61	852,41	967,16	
0,10	9,81	108,99	210,12	313,22	418,27	525,29	634,27	745,20	858,10	972,95	
0,15	14,72	114,00	215,23	318,42	423,58	530,69	639,77	750,80	863,79	978,75	
0,20	19,64	119,01	220,34	323,64	428,89	536,10	645,27	756,40	869,50	984,55	
0,25	24,56	124,03	225,46	328,85	434,20	541,51	650,78	762,01	875,20	990,35	
0,30	29,49	129,06	230,58	334,07	439,52	546,93	656,30	767,62	880,91	996,16	
0,35	34,42	134,09	235,71	339,30	444,84	552,30	661,82	773,24	886,63	1001,07	
0,40	39,36	139,12	240,84	344,53	450,17	557,78	667,34	778,86	892,35	1007,79	
0,45	44,30	144,16	245,98	349,76	455,51	563,21	672,87	784,49	898,07	1013,62	
0,50	49,25	149,21	251,13	355,01	460,85	568,65	678,41	790,13	903,81	1019,45	
0,55	54,20	154,25	256,27	360,25	466,19	574,09	683,94	795,76	909,54	1025,28	
0,60	59,15	159,31	261,42	365,50	471,54	579,53	689,49	801,40	915,30	1031,12	
0,65	64,11	164,37	266,58	370,76	476,89	584,98	695,07	807,05	921,06	1036,90	
0,70	69,08	169,43	271,74	376,02	482,25	590,44	700,59	812,70	926,80	1042,81	
0,75	74,05	174,50	276,91	381,28	487,61	595,90	706,15	818,36	932,54	1048,66	
0,80	79,03	179,58	282,08	386,55	492,98	601,37	711,72	824,02	938,29	1054,52	
0,85	84,01	184,65	287,26	391,83	498,35	606,84	717,28	829,69	944,06	1060,38	
0,90	88,99	189,74	292,44	397,11	503,73	612,31	722,86	835,36	949,83	1066,25	
0,95	93,98	194,83	297,63	402,39	509,11	617,79	728,44	841,04	955,60	1072,12	

Таблица поправочных коэффициентов на температуры при определении газопроницаемости приборами Шекспира

Температура в °C	Коэффициент	Температура в °C	Поправочный коэффициент	Температура	Коэффициент	Температура	Коэффициент	Температура	Коэффициент
30,0	0,40	19,5	0,82	9,5	1,22	-0,5	1,62	-10,5	2,02
29,5	0,42	19,0	0,84	9,0	1,24	-1,0	1,64	-11,0	2,04
29,0	0,44	18,5	0,86	8,5	1,26	-1,5	1,66	-11,5	2,06
28,5	0,46	18,0	0,88	8,0	1,28	-2,0	1,68	-12,0	2,08
28,0	0,48	17,5	0,90	7,5	1,30	-2,5	1,70	-12,5	2,10
27,5	0,50	17,0	0,92	7,0	1,32	-3,0	1,72	-13,0	2,12
27,0	0,52	16,5	0,94	6,5	1,34	-3,5	1,74	-13,5	2,14
26,5	0,54	16,0	0,96	6,0	1,36	-4,0	1,76	-14,0	2,16
26,0	0,56	15,5	0,98	5,5	1,38	-4,5	1,78	-14,5	2,18
25,5	0,58	15,0	1,00	5,0	1,40	-5,0	1,80	-15,0	2,20
25,0	0,60	14,5	1,02	4,5	1,42	-5,5	1,82	-15,5	2,22
24,5	0,62	14,0	1,04	4,0	1,44	-6,0	1,84	-16,0	2,24
24,0	0,64	13,5	1,06	3,5	1,46	-6,5	1,86	-16,5	2,26
23,5	0,66	13,0	1,08	3,0	1,48	-7,0	1,88	-17,0	2,28
23,0	0,68	12,5	1,10	2,5	1,50	-7,5	1,90	-17,5	2,30
22,5	0,70	12,0	1,12	2,0	1,52	-8,0	1,92	-18,0	2,32
22,0	0,72	11,5	1,14	1,5	1,54	-8,5	1,94	-18,5	2,34
21,5	0,74	11,0	1,16	1,0	1,56	-9,0	1,96	-19,0	2,36
21,0	0,76	10,5	1,18	0,5	1,58	-9,5	1,98	-19,5	2,38
20,5	0,78	10,0	1,20	0,0	1,60	-10,0	2,00	-20,0	2,40
20,0	0,80								

ПЕРЕЧЕНЬ ИСТОЧНИКОВ

- Молчанов П. А., Тропосфера и стратосфера, ОНТИ НКТП, Москва, 1934.
Его же, Курс аэронавигации, ОНТИ, Москва, 1937.
Уорнер, Аэростатика, перевод с англ. инж. Захарова Н. Г., ОНТИ НКТП, М., 1934.
«История аэронавтики», т. I, С.-Петербург, 1910.
«Воздухоплавание, его прошлое и настоящее», «Промышленность и техника», т. X—XI, С.-П., 1911.
«Воздухоплавание», журнал, Москва, 1922—1925.
Стобровский Н., Воздушный корабль, ОНТИ НКТП, Москва, 1935.
«Taschenbuch der Luftflotten», München, 1914.
«Revue des Forces Aériennes», № 43, 47, Paris, 1933.
Вахминцев А. М., Постройка воздушных судов, ОНТИ НКТП, Москва, 1935.
Кочутов И., Газовое дело в дирижаблестроении, Ред.-изд. отд. Аэрофлота, Москва, 1938.
«Труды В. Военно-воздушной школы», № 2—3, 1921—1922.
«Flucht» № 9, январь 1936, Лондон.
«L'Aéronautique», № 215, апрель 1937, Париж.
Проф. Архагельский, Учение о волокнах, Гизлегпром, Москва, 1935.
Л. Архангельский, О рациональном методе закрепления узлов. Специальная работа, 1936.
Сандомирский, Советский каучук, Госхимтехиздат, Москва, 1932.
Проф. Бызов, Природный каучук, Госхимтехиздат, Москва, 1932.
Рейтлингер и Летина, Баллонные материи жесткого дирижабля, ОНТИ НКТП, Москва, 1938.
Наседкин, Фридбург и Беленкова, Микроскопические и физико-механические исследования волокнистых материалов, Гизлегпром, Москва, 1934.
Тимошенко, Соппротивление материалов, ГИЗ, Москва, 1929.
Фадеев, Элементарная механика, ГОНТИ, 1931.
Берджес, Проектирование воздушных судов, перевод с англ. Захарова, ГИОП, Ленинград, 1938.
Гаас и Дицнус, Растяжение материи и деформация мягких воздушных кораблей, 1912.
Полозов, Баллонные материи и такелаж, ОНТИ, Москва, 1934.

Инструкции по хранению материальной части

- Инж. Плетникова, Андреев, Расчет матерчатых баллонов, «Сборник научно-технических работ по дирижаблестроению и воздухоплаванию», № 5, 1938 г.
Мейслер И. И., Змейковый аэростат, Москва, 1922.
Наставление по полетной службе на сферических аэростатах, Ред.-изд. отд. Аэрофлота, Москва, 1938.
Гёппнер, Война Германии в воздухе, перев. с нем. под ред. А. Лапчинского, Воениздат, Москва, 1936.
Von Langsdorff «LZ-127», Франкфурт-на-Майне, 1928.
F. Kollmann, Das Zeppelinluftschiff, Берлин, 1924.
Вунибольд К., Условия эксплуатации и основы конструкции привязных аэростатов, перевод с нем.
R. Goldschmidt, Les Aéromobiles, Париж, 1910.
ДУК ГВФ, Сборник трудов, I, Москва, 1934.
Ольденборгер В. А., Дирижаблестроение за рубежом, ОНТИ НКТП, Москва, 1935.
Пикар, Над облаками, ОНТИ, Москва, 1936.
Проспект франц. фирмы Zodiac, Париж, 1934.
Воробьев А. Г., О воздушных кораблях Нобиле, изд. Кубуч, Л., 1926.
«Z. F. M.», № 8 и 9, 1929.
«Aero-Digest», v. 19, № 5, 1931.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
11	Формула (7)	$\left(\frac{15 - t_1}{268 + t_2} \right)$	$\left(\frac{15 - t_1}{268 + t_1} \right)$	корректора
78	1 сверху	по 500 л. с.	500 л. с.	редакторов
116	6 снизу	На рис. 71	На рис. 19	авторов
160	Рис. 108, подп. под рисунком	„SL“ (верхний) „LZ“ (нижний)	„SL“ (нижний) „LZ“ (верхний)	авторов и редакторов
196	Рис. 141 подп. под рисунком	Французская лебедка типа 1932 г.	Лебедка для метеорологических целей	авторов и редакторов
197	Рис. 142, подп. под рисунком	Лебедка для метеорологических целей	Французская лебедка типа 1932 г.	авторов и редакторов
197	12 снизу	100 кг	1 000 кг	корректора
204	19 сверху	воронки	воротники	корректора
276	21 „	70—80%	7—8%	авторов
349	26 „	20%	200%	корректора
374	13 снизу (формула)	$Z = \frac{K(100 + S)S}{T} \quad K = 0,98$	$Z = \frac{K(100 + S)S}{T},$ где $K = 0,98.$	авторов