

ГЛАВА III

ПОДЪЕМНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОСТАТА

1. Балансировка

Результирующая всех сил, приложенных к аэростату, меняет свою величину и направление при изменении скорости ветра (рис. 27). Статические силы сохраняют свою

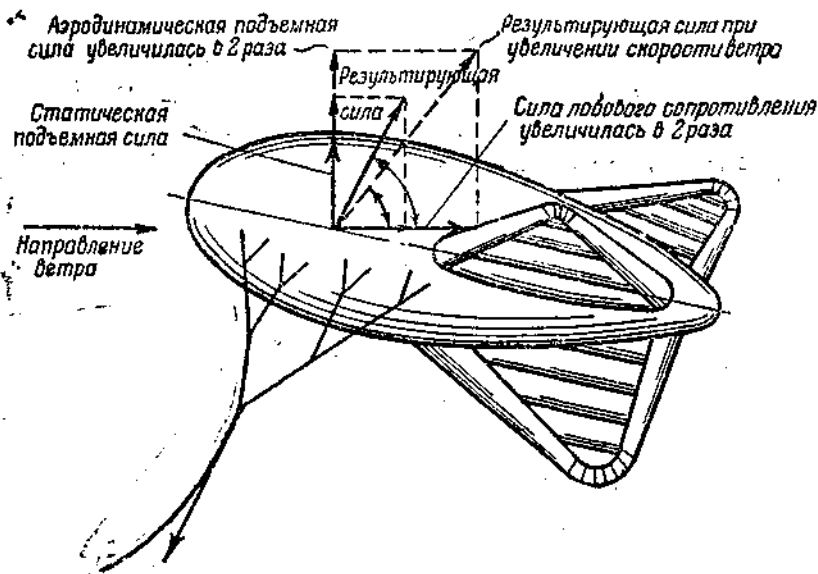


Рис. 27. При увеличении скорости ветра результирующая всех сил, приложенных к аэростату, образует с горизонтом меньший угол

величину и направление вне зависимости от скорости ветра. Сила лобового сопротивления и аэродинамическая подъемная сила изменяются каждая пропорционально квадрату скорости ветра. Результирующая вертикальная

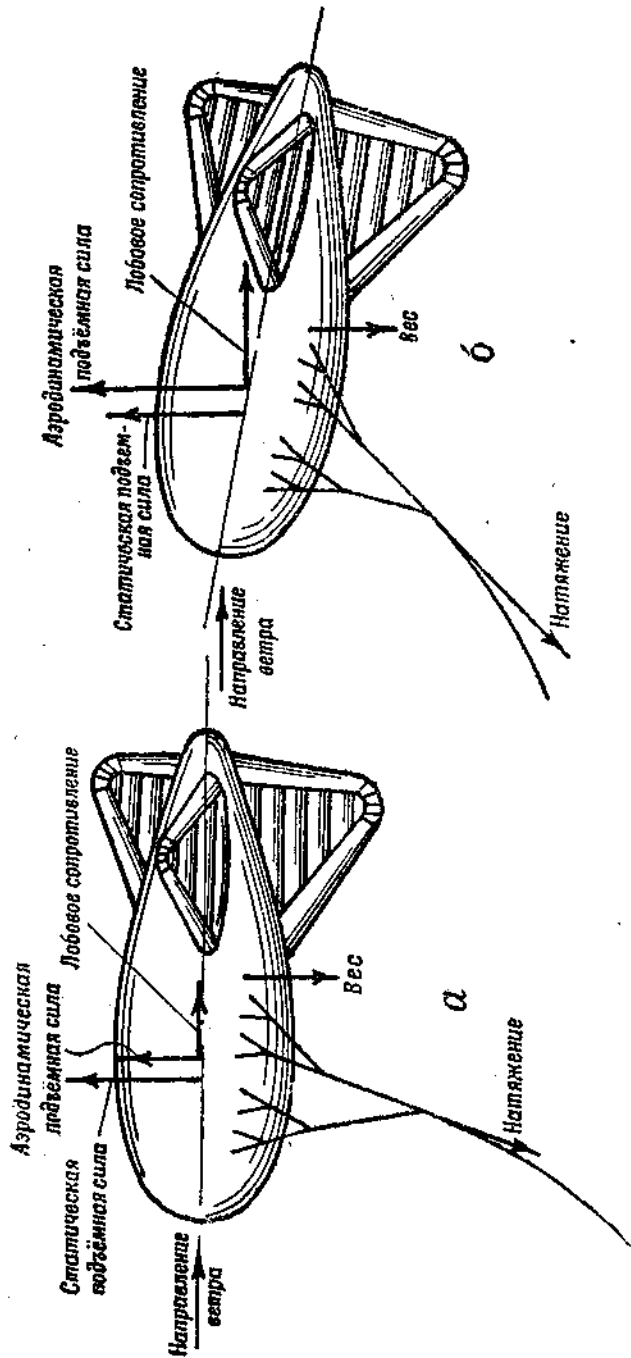


Рис. 28. При усилении ветра возрастают аэродинамические силы (и моменты), а также натяжение в тросе:
 а — положение аэростата при слабых ветрах; б — положение аэростата при усилении ветра

сила состоит из неизменных статических сил и изменяющейся **аэродинамической** подъемной силы, а результирующая горизонтальная сила равна силе лобового сопротивления. Горизонтальная составляющая изменяется быстрее, чем суммарная вертикальная, и результирующая всех сил, приложенных к аэростату, с увеличением скорости ветра все больше наклоняется к горизонту. Уменьшается в результате и угол атаки троса в точке подвески, так как натяжение троса в этой точке равно по **величине** и противоположно по направлению равнодействующей **силе**, приложенной к аэростату.

Следствием изменения **скорости** ветра будет не только изменение указанных сил, но и изменение моментов этих сил (рис. 28).

Аэродинамический момент возрастает по такому же закону, как подъемная сила или сила сопротивления; **статический** момент (момент силы веса) остается неизменным, а момент силы натяжения троса возрастает вследствие роста натяжения и уменьшается вследствие уменьшения плеча этой силы.

Характер изменения углов атаки при изменении скорости ветра зависит от знака и величины аэродинамического момента и от величины статического момента и момента натяжения. Аэродинамический момент, заставляющий аэростат кабрировать, считается положительным, а пикировать — отрицательным.

Определение характера изменения углов атаки при увеличении **скорости** ветра называется балансировкой аэростата.

Углы атаки могут возрастать с увеличением скорости ветра, уменьшаться или оставаться постоянными (рис. 29).

Основным фактором, определяющим характер балансировки, является положение точки подвески троса. Приближение точки подвески к носу увеличивает отрицательные значения **момента** силы натяжения в тросе. Это в свою очередь замедляет темп возрастания углов атаки по скорости, так как чем **больше** отрицательные значения момента силы натяжения в тросе, тем больше этот момент препятствует подниманию носа, т. е. увеличению углов атаки. Наоборот, при удаленной от носа точке подвески углы атаки будут возрастать по скорости, достигая все больших значений.

Приближенная к носу точка подвески может быть лишь в том случае, когда отношение свободной подъем-

ной силы к весу аэростата (без веса троса) мало. Чем меньше это отношение, тем ближе точка подвески к носу и тем лучше балансировка.

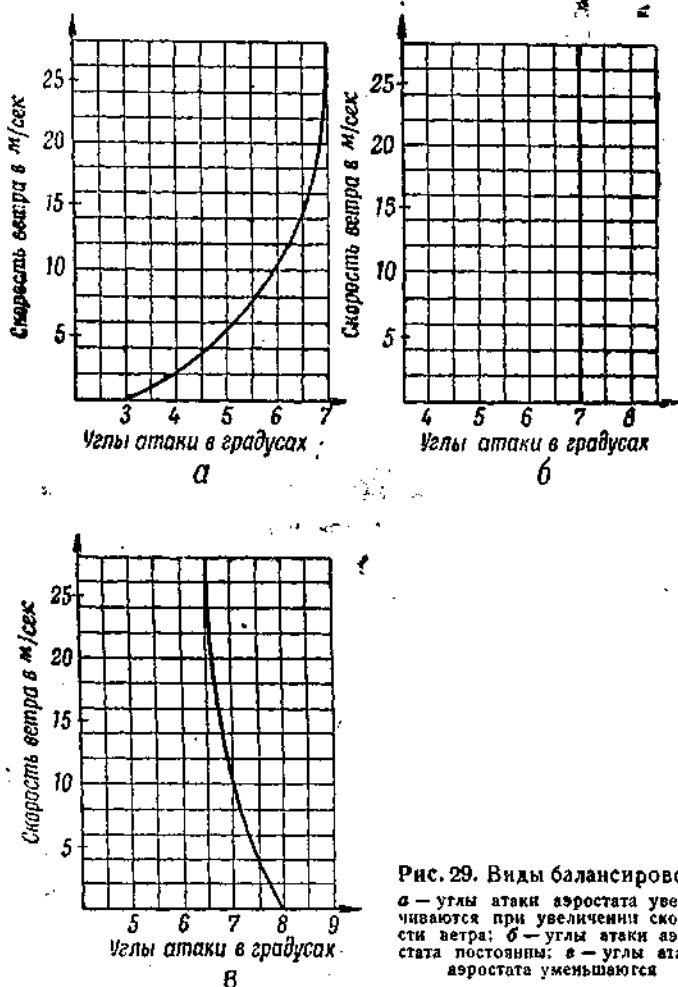


Рис. 29. Виды балансировок: а — углы атаки аэростата увеличиваются при увеличении скорости ветра; б — углы атаки аэростата постоянны; в — углы атаки аэростата уменьшаются

Абсцисса точки подвески троса (рис. 30) определяется по формуле

$$x_p = \frac{Q}{F} \cdot x_0$$

где x_p — удаление точки подвески от центра объема в метрах, по горизонтали;
 F — свободная подъемная сила в кг;
 G — вес аэростата в кг;
 x_t — удаление центра тяжести аэростата от центра объема в метрах, по горизонтали.

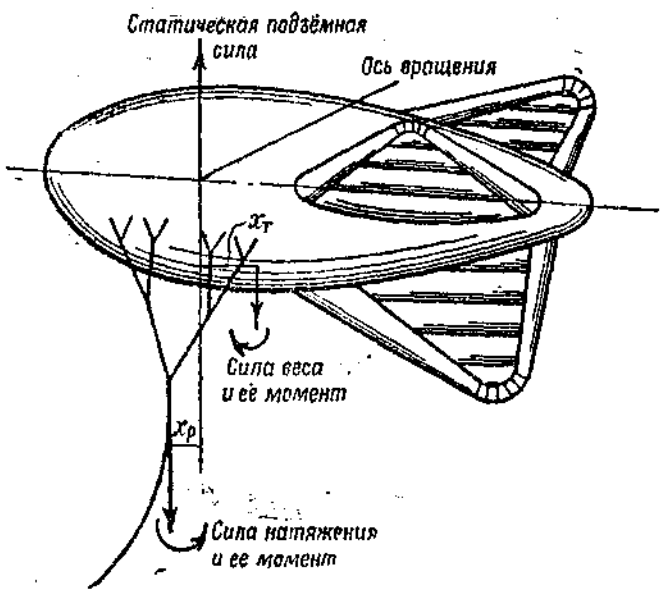


Рис. 30. В штиль момент силы веса уравновешивается моментом силы натяжения в тросе

Эта формула получена при нулевой скорости ветра, когда действуют два момента относительно оси, проходящей через центр объема: момент силы веса аэростата и момент силы натяжения в тросе.

Если отношение $\frac{F}{G}$ меньше единицы, то балансировка получается обычно удовлетворительной и углы атаки по скорости возрастают, не достигая больших значений; если это отношение меньше половины, то углы атаки либо уменьшаются по скорости, либо остаются постоянными; если же это отношение больше единицы, балансировка получается такой, что углы атаки интенсивно возрастают по скорости. Точку подвески в последнем

случае приходится сдвигать к носу, размещая, например, балласт в кормовой части корпуса. Этим способом перемещают центр тяжести корпуса в корму и утяжеляют аэростат. Оба эти обстоятельства заставляют точку подвески троса переместиться к носу.

Кривая изменения углов атаки по скорости называется балансировочной кривой. Обычно эта кривая строится для случая стоянки аэростата на потолке.

Балансировочная кривая баллонетного аэростата не зависит от высоты аэростата, так как ни форма, ни объем аэростата не меняются.

Балансировку аэростата со стягивающей системой или комбинированного аэростата следует производить на потолке, на земле и на некоторых промежуточных высотах, что вытекает из изменчивости формы, объема и аэродинамических характеристик по высоте. Практически балансировка производится для потолка или для столка и земли.

Перед подъемом аэростат нужно установить под начальным балансировочным углом, т. е. под углом диферента (углом между горизонталью и продольной осью аэростата), заданным балансировкой для нулевой скорости ветра. Начальный угол балансировки следует отрегулировать до подъема; наиболее точная регулировка возможна при штиле.

Установка аэростата с начальным балансировочным углом, превышающим заданный, приведет к тому, что углы балансировки при увеличивающихся скоростях ветра возрастут на большие величины по сравнению с теми, какие были бы для тех же скоростей при установке заданного начального балансировочного угла. Чем больше балансировочные углы, тем больше аэродинамические силы и тем значительнее натяжение в тросе. Следовательно, такая установка аэростата нецелесообразна.

Уменьшение начального угла балансировки по отношению к расчетному приведет к результатам, обратным тем, какие были получены в предыдущем случае установки аэростата, т. е. к уменьшению аэродинамической подъемной силы, силы сопротивления и натяжения в привязном тросе.

Однако уменьшение начального угла балансировки, так же как и увеличение его, нецелесообразно, ибо в этом случае будет происходить потеря высоты аэроста-

том вследствие уменьшения аэродинамической подъемной силы.

Величины начальных углов балансировки различны для аэростатов различного типа и назначения. Малообъемные аэростаты имеют начальные углы балансировки $6-8^\circ$, высотные одиночные $2-5^\circ$, верхние аэростаты в системе "тандем" $4-7^\circ$, аэростаты наблюдения $7-8^\circ$.

Температурные колебания при всех прочих равных условиях отражаются на величине начального угла балансировки. При одних и тех же длинах строп подвески начальный угол балансировки **может быть** очень большим положительным **или**, наоборот, **отрицательным**, — все зависит от температуры воздуха и газа. Свободная подъемная сила велика при низких температурах и мала при высоких температурах. Натяжение в тросе возрастает при увеличении и понижается при уменьшении свободной подъемной силы. **Вместе** с ростом натяжения увеличивается момент силы натяжения, что приводит в результате к уменьшению угла дифферента аэростата. Уменьшение натяжения дает увеличение угла дифферента.

Таким образом, понижение температуры воздуха уменьшает угол дифферента, а повышение увеличивает этот угол.

Значительные изменения углов **дифферента** и равных им углов атаки получаются при **слабых** ветрах, когда аэродинамические силы малы и основное значение имеют статические силы, зависящие от температурных колебаний и связанных с ними изменений удельной подъемной силы (рис. 31). Когда же на аэростат набегает ветер, обладающий большой скоростью, балансировочные углы изменяются мало, так как они в этом случае зависят больше от аэродинамических, чем от статических сил.

Можно считать установленным, что при больших скоростях ветра колебания температуры мало отражаются на балансировке аэростата; при малых же скоростях характер балансировки изменяется, но в этом случае изменение величин углов **атаки** не приведет к заметному изменению натяжения в тросе. Однако и здесь существует одно ограничение: углы балансировки не должны принимать отрицательные значения, так как при усилении ветра **аэростат** может уравниваться в этом случае только на отрицательных углах атаки, что нежелательно.

Потеря газа аэростатом, сильное загрязнение газа (падение его чистоты), утяжеление оболочки вследствие намокания или по другим причинам имеют такое же

влияние на характер балансировки, как повышение температуры газа или понижение свободной подъемной силы.

Из всего сказанного можно сделать следующий вывод: каковы бы ни были температура, свободная подъемная сила и угол диферента перед **подъемом**, не следует ни изменять длины строп, ни подвешивать дополнительно балласт для изменения начального угла балансировки, если только углы диферента положительны.

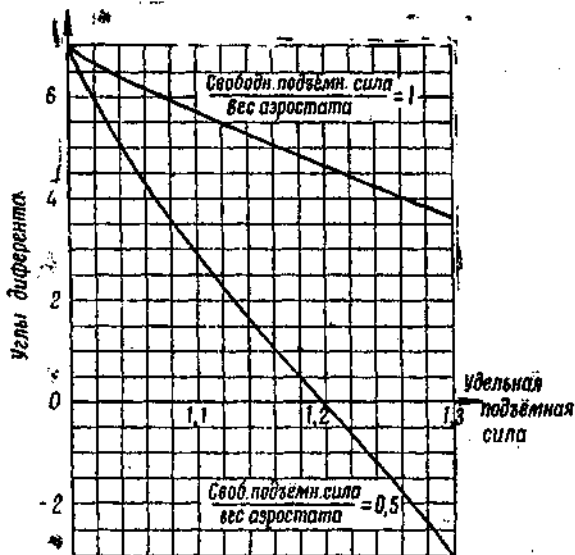


Рис. 31. Возможные изменения углов диферента аэростата при изменении удельной подъемной силы газа

Аэродинамические характеристики имеют большое влияние на балансировку. Особенно следует отметить значение лобового сопротивления или коэффициента лобового сопротивления C_x . Увеличение C_x аэростата при постоянном значении C_y крайне невыгодно вследствие значительного возрастания при этом углов атаки с повышением скорости. Каждая лишняя деталь на корпусе, все вибрирующие элементы увеличивают C_x и ухудшают балансировку.

Целесообразно для улучшения балансировки повышать так называемое аэродинамическое качество аэростата, достигая этого уменьшением C_x , но ни в коем случае не увеличивая C_y .

Все приведенные рассуждения относятся к неподвижной подвеске, имеющей наибольшее распространение и характерной тем, что она составляет одно целое с аэростатом. В такой подвеске носовые стропы **отделяются** от кормовых жестким узлом и натяжение неравномерно распределяется по обеим стропам: кормовые стропы больше натянуты при сильных ветрах, а носовые обычно сильнее натянуты, по сравнению с кормовыми, при слабых ветрах.

Кроме того, неподвижная подвеска не дает возможности автоматически регулировать углы атаки в нужном направлении, т. е. управлять изменением углов атаки любого аэростата. Очень важно, главным образом для высотных аэростатов, автоматическое уменьшение углов атаки при возрастании скорости, потому что в таком случае получается возможность повесить вследствие уменьшения натяжения запас прочности троса или перейти на более тонкие тросы и **повысить** статический потолок аэростата.

Автоматическое регулирование углов атаки возможно при помощи подвижной подвески (рис. 32), которая позволяет уравнивать натяжения в носовых и кормовых

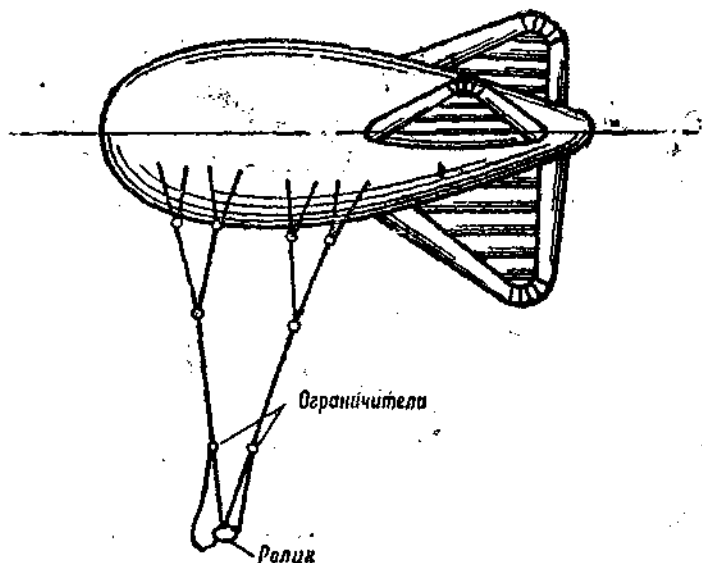


Рис. 32. Аэростат с подвижной подвеской

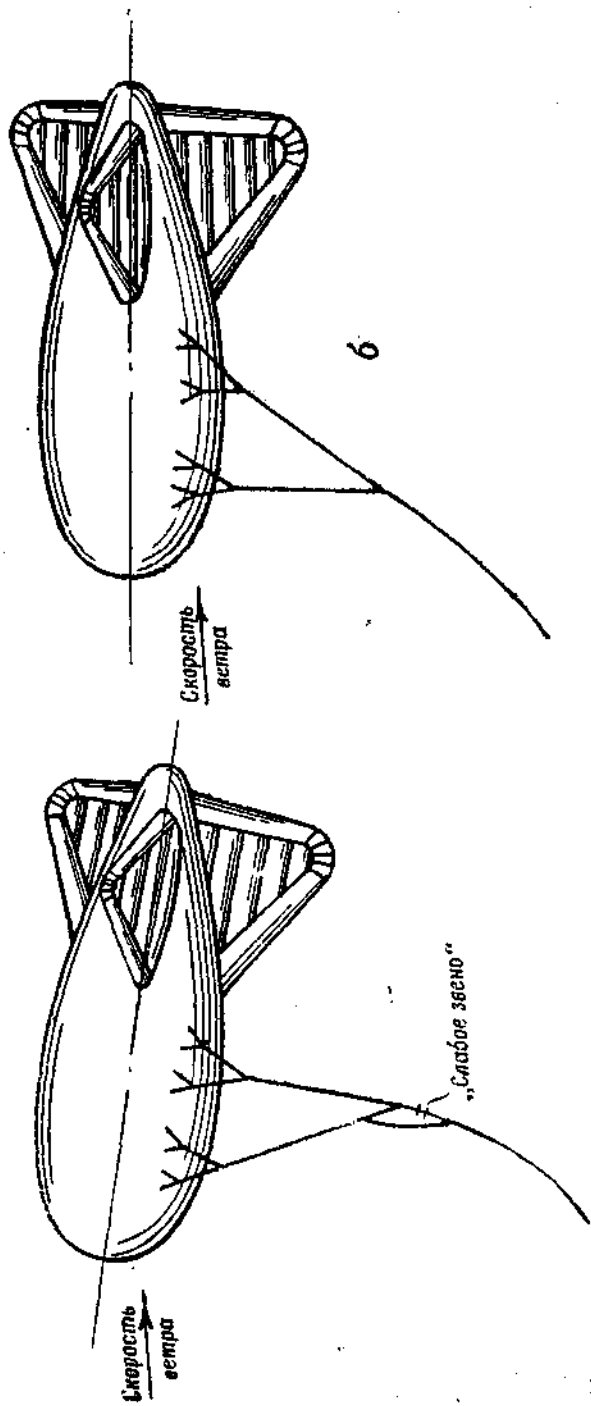


Рис. 33. "Слабое звено" уменьшается угол атаки аэроплана при сильных ветрах:
 а — в частное положение; б — положение после срабатывания "слабого звена".

стропях, составляющих одно целое. Происходит это следующим образом.

С увеличением скорости ветра уменьшается угол атаки троса в точке подвески. Натяжения в носовых и **кормовых** стропях должны быть одинаковы, т. е. направленные натяжения троса в точке подвески должны совпадать с биссектрисой угла, образованного носовыми и кормовыми стропами, что может быть при увеличении угла атаки троса только тогда, когда точка подвески переместится к носу. Вследствие перемещения точки подвески к носу увеличится момент силы натяжения в тросе и углы атаки уменьшатся.

Регулировкой длин строп всегда можно получить резкое изменение углов атаки по скорости или, наоборот, постепенное уменьшение этих углов.

Существуют различные типы подвижных подвесок, но все их можно свести в две группы: одноразового невозвратного действия и многократного двустороннего действия. Примером подвесок первого типа является известное „слабое звено“ (рис. 33), предложенное инженером Михлиным; примером второго типа — подвеска, состоящая из одной стропы, концы которой закреплены в носовой и кормовой частях корпуса; по этой стропе свободно может скользить трос.

Существуют и другие типы подвижных подвесок или приспособлений для регулирования углов атаки; все они в настоящее время имеют одно назначение: сдвигать точку подвески к носу при увеличении скорости ветра.

2. Потолки и сносы аэростата

Подъемно-эксплуатационные характеристики аэростата: натяжения, высоты подъема, сносы и длины размотанных тросов, помимо индивидуальных характеристик аэростата, определяются характером балансировки его.

Величина максимального натяжения троса в точке подвески определяется силами, приложенными к аэростату: чем больше эти силы, тем больше натяжение. Значения аэродинамических сил возрастают с увеличением углов атаки, и поэтому для каждого аэростата, кроме предельной скорости ветра, должен быть и предельный угол атаки, определяемый балансировкой.

Достаточный запас прочности троса можно обеспечить лишь в том случае, если угол атаки аэростата при пре-

дельной для него скорости ветра не будет превышать предельного его значения.

От балансировки в значительной мере зависит также положение аэростата относительно лебедки или, как еще принято говорить, координат л аэростата относительно земли, т. е. его высота и снос (удаление аэростата от лебедки по горизонтали).

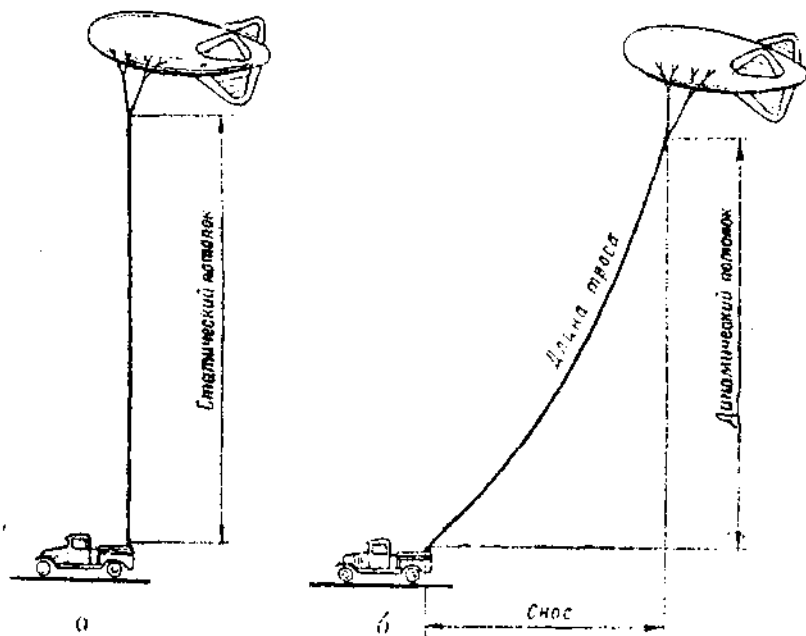


Рис. 34. Потолок, снос и длина троса:
а — в безветрие; б — в ветер

Наибольшее практическое значение имеет определение максимальных высот, или потолков, аэростата — статического и динамического.

Статическим потолком называется максимальная высота, которая может быть достигнута аэростатом, поднимающим привязной трос в безветрие, при нормальных условиях.

Динамическим потолком называется максимальная высота, которая может быть достигнута аэростатом, поднимающим привязной трос при ветре (рис. 34),

В безветрие на аэростат действуют только статические силы. Разность статических сил, приложенных к аэростату, равна свободной подъемной силе, которая и вытягивает трос до высоты, равной статическому потолку.

Аэростат остановится тогда, когда общий вес вытянутого троса станет равным свободной подъемной силе.

Общий вес вытянутого троса равняется весу одного метра троса (g), умноженному на высоту, равную статическому потолку ($H_{ст}$):

$$F = g \cdot H_{ст}.$$

Из приведенной формулы легко определить статический потолок:

$$H_{ст} = \frac{F}{g}.$$

Аэростат, попадая в ветер, подвергается действию аэродинамических сил (см. рис. 28). Аэродинамическая подъемная сила, направленная при положительных углах атаки снизу вверх, стремится поднять аэростат; сила лобового сопротивления, направленная от носа к корме, стремится сместить аэростат по горизонтали.

Если бы на трос не действовали аэродинамические силы, аэростат мог бы подняться на высоты, превосходящие статический потолок. Но в действительности аэродинамические силы действуют и на трос. Как уже было сказано, касательные аэродинамические силы малы, и их можно не принимать во внимание; основное значение имеют нормальные силы, которые дают составляющие, направленные вниз и вперед (рис. 35).

На каждый элемент троса действует небольшая сила, но при больших длинах тросов результирующая сила получается значительной. Вертикальная составляющая аэродинамической нормальной силы, приложенной к тросу, действует в сторону, обратную действию аэродинамической подъемной силы, приложенной к аэростату. Эта сила стремится понизить потолок аэростата. Горизонтальная же составляющая нормальной силы, приложенная к тросу, действует в ту же сторону, что и сила лобового сопротивления, приложенная к аэростату, и стремится еще больше увеличить снос аэростата.

Если трос длинный и диаметр его значительный, то на него действует большая аэродинамическая сила, уменьшающая потолок и увеличивающая снос. Поэтому вы-

сотные аэростаты находятся в более неблагоприятном положении, чем маловысотные.

В безветрие аэростат находится над лебедкой, трос располагается вертикально, и снос отсутствует.

В ветер аэростат сносит по направлению действия скорости ветра, и трос располагается по кривой, кото-

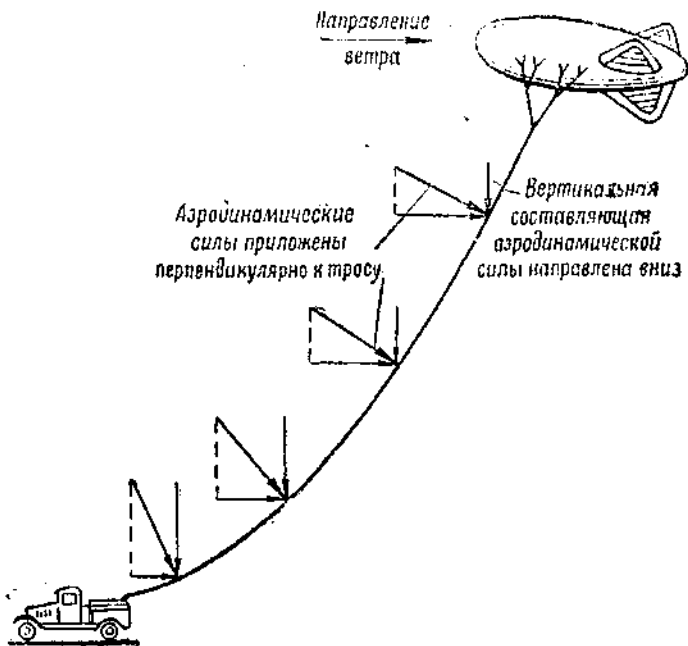


Рис. 35. Аэродинамические силы, приложенные к тросу, ухудшают подъемно-эксплуатационные характеристики аэростата

рая близка к так называемой цепной линии. По такой кривой располагается тяжелая гибкая цепь или трос, на которые действуют только силы собственного веса. Привязной трос точно располагался бы по такой кривой, если бы аэродинамические силы действовали только на аэростат, но не действовали на трос.

Определение динамических потолков сложнее, чем определение статического потолка: величины их подвержены большим колебаниям в зависимости от внешних условий, типа и назначения аэростата, балансировки и т. д.

Наибольшее значение имеет при этом распределение ветра по высотам. Здесь может представиться три случая.

В первом случае, являющемся типовым, скорость ветра по высоте возрастает таким образом, что скоростное давление остается одинаковым на всех высотах. Математически это записывается так:

$$\rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 1000 \text{ м равно } \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ у земли;}$$

$$\rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 5000 \text{ м равно } \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ у земли.}$$

Здесь $\rho \cdot \frac{v^2}{2}$, т. е. половина произведения плотности воздуха на квадрат скорости ветра, называется скоростным давлением или скоростным напором.

Второй случай предполагает столь интенсивный рост скорости по высотам, что скоростное давление также возрастает по высотам:

$$\rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 1000 \text{ м больше } \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ у земли;}$$

$$\rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 5000 \text{ м больше } \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 1000 \text{ м.}$$

В третьем случае предполагается уменьшение скоростного давления по высоте:

$$\rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 1000 \text{ м меньше } \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ у земли;}$$

$$\rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 5000 \text{ м меньше } \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ при } H = 1000 \text{ м.}$$

В зависимости от того, каково распределение скоростного давления по высотам, потолки и сносы аэростата будут велики или, наоборот, малы.

В первом случае на аэростат и трос будет действовать одно и то же скоростное давление, и аэродинамические силы будут изменяться одинаково. Этот случай является расчетным, и все подъемно-эксплуатационные характеристики задаются для него.

Типичная картина изменения динамических потолков по скорости показана на рис. 36. Динамические потолки вначале понижаются по сравнению с статическим, достигая минимальных величин при ветрах 8—12 м/сек; затем динамические потолки начинают медленно возрастать,

достигая величины статического потолка при скорости ветра, близкой к предельной.

Подобный характер изменения динамических потолков объясняется относительными значениями аэродинамических сил, приложенных к аэростату и тросу.

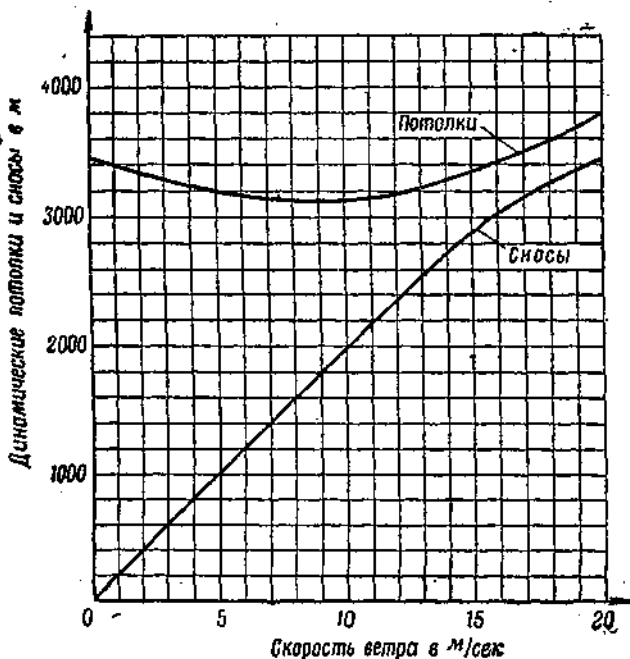


Рис. 36. Типичный характер изменения динамических потолков и сносов высотного аэростата при увеличении скорости ветра

При небольших скоростях ветра аэродинамические силы, приложенные к аэростату, не имеют большого значения вследствие малости их. Поэтому снижающее действие аэродинамических сил, приложенных к тросу, здесь особенно велико.

Дальнейший рост аэродинамических сил, действующих на аэростат, происходит интенсивнее, чем рост сил, действующих на трос, что связано с увеличением углов атаки аэростата. Приложенная к аэростату динамическая подъемная сила, возрастающая с ростом углов атаки и скорости ветра и направленная снизу вверх, увеличивается

быстрее, чем вертикальная составляющая нормальной силы, приложенной к тросу и направленной вниз. Это приводит к росту динамических потолков.

Снос аэростата вначале возрастает **интенсивно**, а затем темп его роста замедляется; это объясняется тем, что при малых и средних скоростях ветра большое значение имеют неизменные по скорости статические силы, которые, складываясь с изменяющейся по скорости аэродинамической подъемной силой, немного увеличивают суммарную вертикальную силу, между тем как лобовое сопротивление аэростата растет очень быстро. Статические силы утрачивают свое значение на больших скоростях ветра, и изменение суммарной вертикальной силы приближается к темпу роста силы лобового сопротивления.

Для сравнительной характеристики аэростатов пользуются понятием относительный снос, который представляет собой отношение сноса к динамическому потолку.

Длина размотанного троса составляет 105—110% от длины прямой, соединяющей лебедку и точку подвески троса. Приближенно длину троса можно определить по формуле:

$$L_T = 1,1 \cdot \sqrt{H^2 + X^2},$$

где L_T — длина троса в м;

H — динамический потолок в м;

X — снос аэростата в м.

Для подъема одиночного аэростата на большие высоты требуется длина троса, равная приблизительно полуторному статическому потолку:

$$L_T = 1,5 \cdot H_{ст.}$$

Маловысотные и малообъемные аэростаты находятся в лучших условиях, чем высотные: аэродинамические силы, действующие на трос, малы вследствие небольшой длины его, и аэродинамическая подъемная сила получается достаточной для того, чтобы динамические потолки были либо выше, либо равны статическому.

Тенденцию к росту динамических потолков можно искусственно задерживать увеличением угла атаки троса у лебедки, а практически — сохранением постоянной длины троса при различных скоростях ветра. Сносы при такой регулировке получаются небольшими, и для подь-

ема на потолок требуется длина троса, равная примерно $\frac{4}{3}$ величины статического потолка:

$$L_T = \frac{4}{3} \cdot H_{cr}$$

Вертикальный разрез скоростей, соответствующий **второму случаю** (из указанных на стр. 59), благоприятно влияет на подъемно-эксплуатационные характеристики аэростата: возрастают динамические потолки и уменьшаются сносы по сравнению с теми, какие получаются в первом случае.

Аэродинамические силы, действующие на аэростат, возрастают по скорости значительно быстрее, чем аэродинамические силы, действующие на трос, и вследствие этого уменьшение динамических потолков по сравнению с статическим может не произойти.

Идеальным случаем будет такой, когда весь трос находится в зоне безветрия, а ветер набегает только на аэростат. Динамические потолки в этом случае будут особенно велики, так как аэродинамические силы, которые действуют вертикально вниз, здесь отсутствуют. На рис. 37 показано изменение динамических потолков по скорости в идеальном случае. Динамические потолки резко возрастают, достигая чрезвычайно больших величин.

Нетрудно теперь представить характер изменения динамических потолков **в третьем случае**, когда скоростное давление уменьшается с высотой.

На трос будут действовать значительные аэродинамические силы, между тем как рост аэродинамических сил, приложенных к аэростату, замедляется. Следствием этого явится **понижение** динамических потолков аэростата.

Разница между динамическими потолками в первом и третьем случаях распределения скоростного давления по высотам будет тем больше, чем интенсивнее уменьшается скоростное давление с высотой.

Из всего сказанного можно сделать следующий вывод: **если за нормальные приняты динамические потолки при постоянном по высотам скоростном давлении, то увеличение скоростного давления по высотам повышает, а уменьшение скоростного давления по высотам понижает динамические потолки сравнительно с нормальными.**

Объемно-эксплуатационные характеристики аэростатов в системе „тандем“ не получаются простым сложением натяжений, потолков и сносов аэростатов, входящих в эту систему. Трос верхнего аэростата подходит к верхнему концу троса нижнего аэростата под некото-

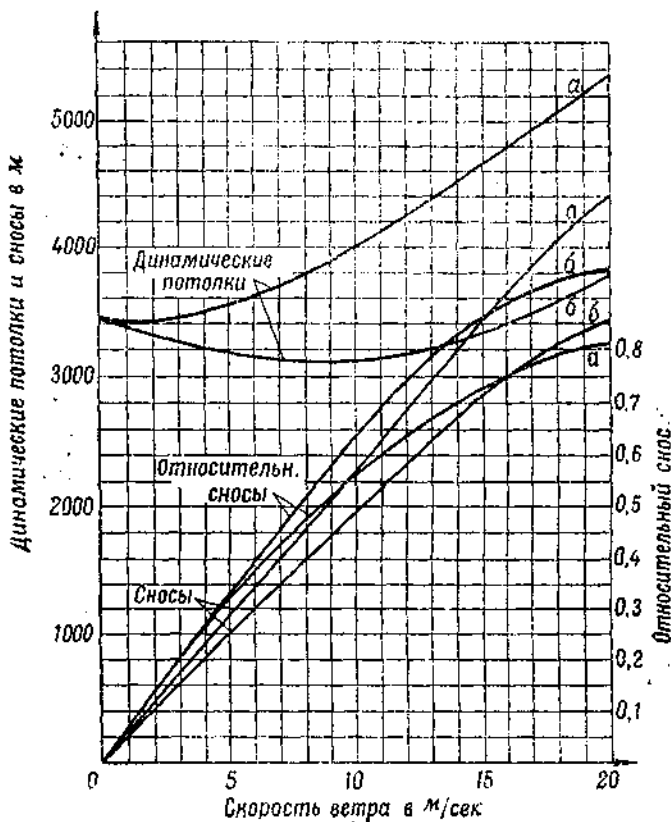


Рис. 37. Динамические потолки и сносы аэростата:

а - идеальный случай распределения ветра по высотам; б - нормальный случай распределения ветра по высотам

рым углом, а не по касательной; вследствие этого не все натяжение в тросе верхнего аэростата будет передаваться на трос нижнего аэростата.

Наивыгоднейшими углами атаки троса верхнего аэростата в месте подхода его к нижнему являются углы

45—50°. Натяжение в месте соединения верхнего и нижнего тросов при этих углах будет составлять около 96% суммы натяжений в тросах верхнего и нижнего аэростатов.

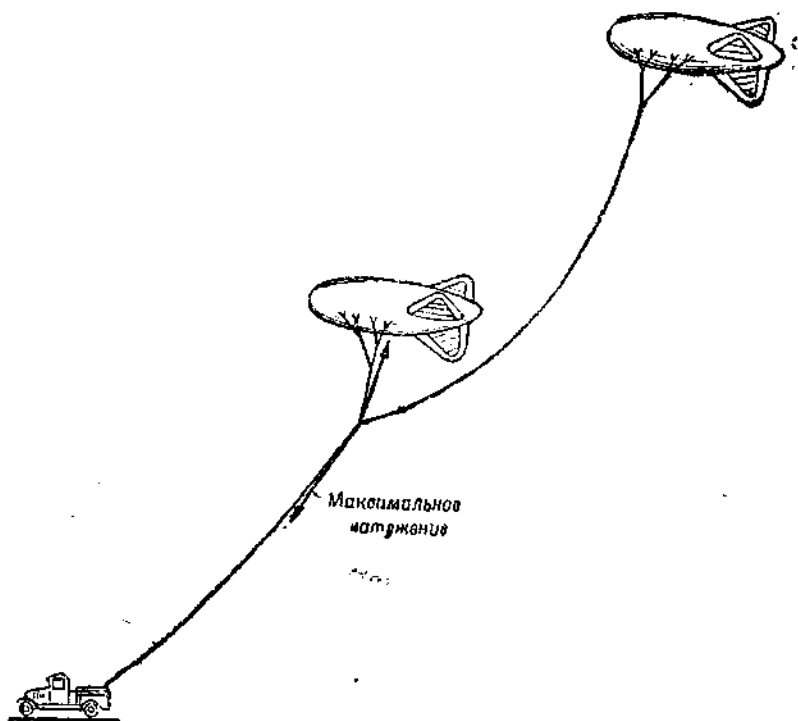


Рис. 38. Аэростаты в системе „тандем“

Это натяжение в тросе наибольшее; приложено оно в месте присоединения верхнего троса к нижнему и направлено по касательной к тросу нижнего аэростата в месте присоединения к нему верхнего троса (рис. 38).

Сдавая трос верхнего аэростата на малую высоту, ограниченную тем, что углы атаки троса в месте присоединения его к тросу нижнего аэростата значительны, мы тем не менее не проигрываем в суммарных значениях потолков и сносов. Расчеты показывают, что при угле атаки верхнего троса 45—50° потолки получаются наибольшими, сносы — наименьшими, а в суммарной длине

тросов достигается некоторая экономия. Угол атаки троса нижнего аэростата у лебедки целесообразно принять равным 20° .

Как и при подъеме одиночного аэростата, закономерность изменения скорости ветра в значительной степени определяет потолки и сносы аэростатов в системе „тандем“. Большое значение приобретает при подъеме этих аэростатов направление ветра по высотам. Изменение направления ветра по высотам влияет положительно на их подъемно-эксплуатационные характеристики и, в особенности, на величину сноса аэростатов. Ветер, имеющий в зоне стоянки верхнего аэростата одно направление, а в зоне стоянки нижнего — прямо противоположное, будет сносить один аэростат в одну сторону, а другой и противоположную, вследствие чего суммарный снос получится небольшим.

Формы кривых провисания троса при изменении направления ветра по высотам претерпевают большие изменения. Трос может принимать иногда весьма причудливую форму, сильно отличающуюся от нормальной.

Необходимая суммарная длина тросов верхнего и нижнего аэростатов при подъеме их в системе „тандем“ составляет около 170% суммарного статического потолка обоих аэростатов, что можно математически записать так:

$$L_{\Gamma} = 1,7 \cdot H_{\text{ст.}}$$

Повышение потолков аэростатов. В настоящее время повышение потолков аэростатов достигается конструкторами главным образом путем увеличения объема аэростата (рис 39). Это повышение не может быть беспредельным, так как чем выше потолок аэростата, тем большее количество кубических метров газа требуется для подъема одного килограмма троса. Например, для увеличения погонки аэростата с 4000 до 5000 м требуется увеличение объема аэростата на 40% .

Увеличение объема аэростата вызывает рост аэродинамических сил и возрастание натяжения в тросе. Следовательно, для подъема таких аэростатов требуются более толстые и гяжелые тросы. Так как эти тросы нужно поднимать на большую высоту, то объем аэростата должен также расти.

Таким образом, эксплуатация аэростатов больших объемов вызывает ряд трудностей и не является рациональной.

Для подъема тросов на большие высоты есть два способа. Наиболее распространен в настоящее время подъем двух аэростатов в системе „тандем“. К верхнему аэростату подвешивают трос одного диаметра, а к нижнему —

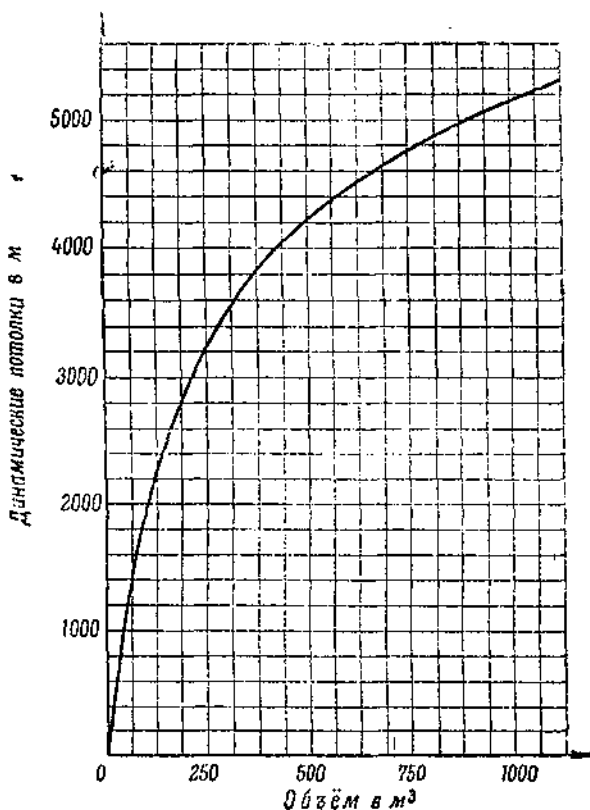


Рис. 39. Рост динамических потолков при увеличении объема аэростата

трос другого, большего диаметра. Каждый аэростат поднимает свой трос: верхний аэростат поднимает трос небольшого веса, нижний поднимает более тяжелый. Этим достигается выигрыш в объеме вследствие облегчения троса верхнего аэростата.

В развитие этой системы можно было бы применить „гирлянду“ аэростатов, подвешенных на разных тросах (рис. 40). Однако большое количество аэростатов трудно

эксплуатировать, и практическое применение нашла только система „тандем“.

Второй способ — это подъем одиночным аэростатом троса переменного сечения, уменьшающегося от точки

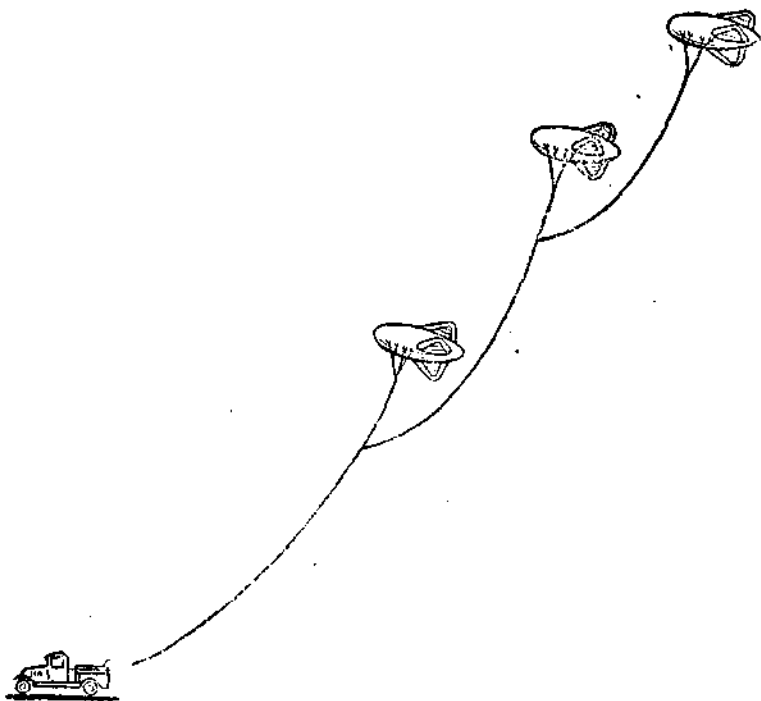


Рис. 40. „Гирлянда“ аэростатов, поднимаемых на разных тросах, позволяет достигать больших высот

подвески до лебедки в соответствии с изменением натяжения в тросе. Диаметр троса при сохранении одинакового запаса прочности должен уменьшаться в соответствии с уменьшением натяжения в тросе.

Практически вполне возможно составить трос из двух или трех отрезков разного диаметра.