

ОБЪ УСТОЙЧИВОСТИ ВОЕННЫХЪ АЭРОСТАТОВЪ.

(Съ чертежами).

При поднятіи несвободнаго аэростата, прикрѣпленнаго къ землѣ канатомъ, представляются два главныя обстоятельства, отличающія этотъ родъ воздухоплаванія отъ обыкновенныхъ воздушныхъ путешествій: 1) огромное вліяніе вѣтра на положеніе аэростата, и 2), какъ слѣдствіе предъидущаго, необходимость имѣть на каждой высотѣ подъема значительную свободную подъемную силу для противодѣйствія вѣтру. Напротивъ того, при свободномъ воздухоплаваніи, вліяніе вѣтра весьма ничтожно, ибо шаръ двигается вмѣстѣ съ вѣтромъ, т. е. съ массой воздуха, окружающей шаръ, и потому въ лодкѣ замѣчается, въ этомъ случаѣ, полнѣйшая неподвижность воздуха.

Подъемная сила при свободномъ воздухоплаваніи также должна быть весьма мала (отъ 3 до 5 фунтовъ), для избѣжанія слишкомъ быстрого подъема шара и расширенія газа.

При специальномъ устройствѣ шара для военныхъ наблюденій, необходимо, чтобы онъ имѣлъ, между прочимъ, слѣдующія качества: 1) достаточную устойчивость для того, чтобы наблюденія не могли быть прерываемы даже малѣйшимъ дуновеніемъ вѣтра и 2) полную безопасность отъ быстрого паденія на землю.

Подъ устойчивостію несвободнаго аэростата слѣдуетъ понимать известную степень отклоненія отъ вертикала наклонной къ горизонту плоскости, проходящей черезъ нижнюю и верхнюю точки каната, удерживающаго шаръ. Чѣмъ болѣе эта плоскость стремится приблизиться къ вертикальной, тѣмъ менѣе могутъ быть качанія шара и тѣмъ онъ безопаснѣе отъ внезапнаго удара о землю.

Отъ чего же зависятъ эта устойчивость? Она зависитъ отъ со-

вокупнаго дѣйствія на шаръ трехъ силъ: подъемной, силы вѣтра и силы тяжести (т. е. вѣса каната).

Чтобы разсмотрѣть дѣйствіе этихъ силъ, предположимъ, что части построеннаго военнаго аэростата имѣютъ нижеслѣдующіе размѣры и вѣсъ (*) въ томъ случаѣ, если шаръ наполненъ газомъ вполне:

Диаметръ шара.	42 фута
Высота.	50 —
Объемъ, считая нижнюю прибавку къ шару.	40,000 квадр. фут.
Объемъ газа.	38,000 куб. фут.
Поверхность.	5,538 — —
Расстояніе отъ низа шара до конца сѣтки.	21 футъ
Отъ низа сѣтки до лодки.	10 —
Длина каната:	
Пеньковаго.	175 сажень
Проволочнаго.	171 —
Вѣсъ каната 12 пудовъ 10 фунтовъ, а проволочнаго 8 пудовъ.	20 пуд. 10 фун.
Окружность пеньковаго.	3,5 дюйма
Окружность проволочнаго.	2 —
Вѣсъ одной сажени: пеньковаго каната.	2,8 фунта
— — — проволочнаго —	1,87 —

Обихъ 4,67 фунта.

Площадь наибольшаго поперечнаго сѣченія шара.		1,385 квадр. фут.
Вѣсъ оболочки.		8 пудовъ
— сѣтки.		8 —
— клапана.		10 фунтовъ
— водорода, смѣшаннаго съ воздухомъ (**).		1,60 золотник.
Вѣсъ лодки.		4 пуда
— баласта.		4 —
— трехъ воздухоплавателей.		12 —
— вещей.		1 —

Итого 52 пуда.

(*) Приведенныя здѣсь цѣны размѣровъ и вѣса разныхъ частей шара приблизительно соответствуютъ тѣмъ, которыя были даны военному аэростату, построенному военнымъ министерствомъ въ 1870 году. Всѣ нижеприводимыя сообщенія выведены изъ опытовъ, производившихся лѣтомъ этого года.

(**) 1 куб. е.

Вѣсъ напѣщаемаго воздуха.	89 пудовъ
— канатовъ во всю длину.	20 — 10 ф.
Свободная сила наверху.	17 —

Въ томъ шарѣ, который былъ устроенъ военнымъ министерствомъ, для опытовъ въ 1870 году, веревки сѣтми сходились внизу въ одинъ узелъ, означивавшійся жемъзнымъ кольцомъ. Въ этому кольцу подвѣшивалась лодка, и прикрѣплялись однимъ концомъ два каната, удерживавшіе шаръ. Одинъ канатъ былъ пеньковый, другой проволочный, служившій проводникомъ для телеграфа. Нижніе концы каната навѣртывались на два ворота, укрѣпленные на особой повозкѣ, въ которой былъ расположенъ и телеграфный аппаратъ (чертежъ 1—А).

Прикрѣпленіе шара къ канатамъ въ одной точкѣ представляло ту выгоду, что, при качаніяхъ шара, дно лодки почти вѣсегда сохраняло горизонтальное положеніе, слѣдовательно тяжесть воздухоплавателей поддерживалась вѣсьми веревками лодки равномерно.

Разсмотримъ теперь вліяніе на положеніе шара трехъ вышеупомянутыхъ силъ. Означимъ подъёмную силу чрезъ F , силу вѣтра чрезъ P , площадь сѣченія шара по большому кругу чрезъ S .

1) Положимъ, что сначала на шаръ дѣйствуютъ только двѣ силы: подъёмная и сила вѣтра (см. черт. II); зная величину этихъ двухъ силъ, легко опредѣлить уголъ отклоненія α каната BC отъ вертикальной $AB = F$. Дѣйствительно, въ $\triangle BAC$ извѣстны AB и $AC = BD$ и $\angle A = 90^\circ$, $\angle \alpha = \frac{AC}{AB} = \frac{P}{F}$; величину угла α

гораздо скорѣе можно получить графически, именно отложивъ на сторонахъ $\angle A$ величины AB и AC (въ фунтахъ по вѣсу) и соединивъ точки B и C . Напримѣръ, если A и $B = 28$ фунтамъ, а AC дѣйствуетъ на шаръ съ силою 23 фунтовъ, то $\angle \alpha = 37^\circ$.

2) Если возьмемъ теперь еще третью дѣйствующую силу — тяжесть половины каната, и пусть канатъ, во время подъема, составлялъ съ вертикаломъ уголъ X , какъ показано на чертежѣ (черт. III). Отъ дѣйствія двухъ силъ F и P канатъ приметъ положеніе BC . Чтобы получить положеніе каната отъ дѣйствія на шаръ трехъ силъ, продолживъ равнодѣйствующую BC до точки K , такъ чтобы $BK = BC$ и на сторонахъ BK и BM построимъ паралелограмъ, въ которомъ $BK = BC$, а $BM = \frac{1}{2}$ вѣса каната $= W$; равнодѣйствующая этихъ двухъ силъ $Bh = BO$ и выравнитъ окончательное положеніе верхней части каната, къ которому прикрѣпился шаръ. Отъ дѣйствія тяжести, канатъ BC приметъ видъ неправильнаго параболическаго изгиба BWC , въ которомъ верхняя часть изгиба паралельна линіи BO ,

а размеры нижняго изгиба и хорды h могут быть определены вычислениемъ. Но какъ отъ дѣйствія вѣтра шаръ будетъ стремиться описать полуокружность CGH , то очевидно, что устойчивость положенія шара будетъ, и въ этомъ случаѣ, выражаться $\angle CBH$, а не угломъ $CB'H$. Положивъ, что, отъ дѣйствія разныхъ силъ, канатъ шара принялъ положеніе BC : равновѣсіе или неподвижность шара въ этомъ положеніи зависать, очевидно, отъ важнаго отношенія двухъ силъ — подъемной и силы вѣтра, или равенства моментовъ дѣйствія этихъ двухъ силъ.

Пусть AC (на чертежѣ IV) означаетъ положеніе каната, $AB = F$. подъемную силу $CB = PS$ силу вѣтра, то моментъ силы вѣтра будетъ $MA \times MC = PS \cdot CA \cdot \sin \alpha$, а моментъ силы подъемной будетъ $AB \cdot BC = F \cdot CA \cdot \cos \alpha$; слѣдовательно, для равновѣсія необходимо равенство:

$$P \cdot S \cdot CA \cdot \sin \alpha = F \cdot CA \cdot \cos \alpha; \text{ откуда } \operatorname{tg} \alpha = \frac{T}{PS}; \text{ уголъ } \alpha$$

не зависать отъ длины каната. Изъ этой формулы видно, что чѣмъ сильнѣе вѣтеръ, тѣмъ менѣе $\angle \alpha$, и шаръ все болѣе стремится опуститься къ землѣ; если же, съ возрастаніемъ силы вѣтра $P \cdot S$, вмѣстѣ съ тѣмъ увеличится подъемная сила F , то можетъ случиться, что $\angle \alpha$ останется безъ измѣненія, слѣдовательно и шаръ будетъ неподвижнымъ.

Показавъ зависимость между силами дѣйствующими на шаръ. необходимо опредѣлить, какой предѣлъ отклоненія каната отъ вершины линіи можно допускать, сохраняя при этомъ полную безопасность.

Предѣльная величина $\angle \alpha$, на чертежѣ IV, зависать: 1) отъ наибольшаго наружнаго давленія, которое можетъ выдержать шаръ и 2) отъ того, какія наибольшія величины можно допускать для силы F и P .

Сила вѣтра P зависать отъ скорости его и величины поверхности шара. Скорость вѣтра на поверхности земли весьма удобно опредѣлить анемометромъ Робинсона; но какъ наверху господствуетъ совершенно другой вѣтеръ, то нѣтъ возможности знать въ точности силу вѣтра. Въ лодку можно взять только анемометръ Бомба, но отъ толчковъ и вращенія лодки онъ не можетъ дѣйствовать правильно, и выводъ о скорости вѣтра можно получить только весьма приблизительно. Зная скорость вѣтра, давленіе его на одинъ квадратный футъ поверхности опредѣлится по формулѣ $R = \frac{kpAV^2}{2g}$,

въ которой k есть особый коэффициентъ, выражающій отношеніе между силою и скоростью $= 0,63$: p есть вѣсъ кубическаго фута воздуха. Изъ этой формулы видно, что сопротивленіе воздуха, или давленіе вѣтра, пропорціонально квадратамъ скоростей. Въ практикѣ, для опредѣленія различныхъ давленій, при разныхъ скоростяхъ, пользуются готовыми таблицами, вычисленными по вышесказанной формулѣ. Сила вѣтра измѣряется обыкновенно давленіемъ, производимымъ на площадь сѣченія шара по диаметру. Такъ какъ эта площадь въ четыре раза менѣе всей поверхности шара, то, зная какое давленіе шаръ выдерживаетъ внутри себя на каждый футъ поверхности (о чемъ будетъ сказано ниже), слѣдуетъ величину этого давленія умножить на 4, чтобы получить предѣлъ того давленія, какое можно допустить на наибольшую площадь сѣченія шара. Положимъ, наирѣзвѣръ, что предѣлъ внутренняго давленія составляетъ 0,09 фунта на квадратный футъ, то предѣлъ наружнаго давленія вѣтра будетъ $0,09 \times 4 = 0,36$ фунта, на квадратный футъ, что соотвѣтствуетъ, по таблицамъ скорости вѣтра, 13,2 фута въ 1". При такой скорости давленія вѣтра на все диаметральное сѣченіе будетъ 1385 ф. $\times 0,36 = 498,60$ фунтовъ $= 12\frac{1}{2}$ пудамъ. Положимъ, что наибольшая подъемная сила, которою мы можемъ располагать, поднявшись на необходимую высоту, будетъ всего 10 пудовъ; тогда, отложивъ отъ вершины прямого угла величины этихъ силъ (черт. II), получимъ величину $\alpha =$ почти въ 43° . Для практикѣ можно считать, что наибольшій уголъ отклоненія долженъ быть 45° (доказательства будутъ приведены ниже); поэтому, имѣя опредѣленную величину $F = 498$ фунтамъ, слѣдуетъ, для полученія $\alpha = 45^\circ$, увеличивать F выбрасываніемъ баласта или постепеннымъ опусканіемъ, пока $\angle \alpha$ не будетъ равенъ 45° . Самое главное дѣйствіе вѣтра состоитъ въ отклоненіи шара по дугѣ круга, радіусъ которой есть хорда, соединяющая концы параболическаго изгиба каната (линіи BC, черт. III). Положимъ, что шаръ имѣетъ наклоненіе каната въ 45° при скорости вѣтра въ 13,2 фута въ 1" и силѣ подъема въ $12\frac{1}{2}$ пудовъ, то, если вѣтеръ удвоится внезапно, а сила подъема останется прежняя, наклоненіе шара сдѣлается менѣе; пусть скорость вѣтра сдѣлается внезапно вдвое болѣе, то-есть 26,4 фута въ 1", то давленіе будетъ вдвое болѣе, именно 25 пудовъ, а $\angle \alpha$ вдвое менѣе, то-есть около 23° . Если при такомъ углѣ наклоненія хорды, соединяющей вершины каната, построить линію параболическаго изгиба каната, то стрѣлка этой хорды будетъ весьма велика, такъ что канатъ въ нижней части своей будетъ почти ложиться на землю, а высота поднятія можетъ

уменьшаться—такъ, дѣйствительно, и показали опыты—почти вдвое противъ длины выпущеннаго каната; поэтому болѣе благоразумно никогда не допускать наклона хорды параболы менѣе 45° . Если вѣтеръ дѣйствуетъ порывами, такъ что прежнее его положеніе снова восстанавливается, то можно не опускать шара, а если наклонъ хорды ВС увеличился, вслѣдствіе постоянного усиленія вѣтра, то шаръ опускаютъ на нѣкоторую часть каната или выкидываютъ часть балласта, смотря по удобству. Уголъ наклона измѣряется вверху какимъ либо углоизмѣрнымъ инструментомъ. Дѣйствіе вѣтра на наружную оболочку шара вообще не довольно еще изслѣдовано на практикѣ. Такъ, напримѣръ, случалось иногда, что довольно слабый, относительно, вѣтеръ разрывалъ оболочку. Причина заключается, повидимому, въ томъ, что вѣтеръ дѣйствуетъ на оболочку весьма неравнообразно, а также и въ томъ, что оболочка перетирается сѣткою. При ударѣ вѣтра о шаръ, нѣкоторая часть его вдавливается внутрь, и затѣмъ упругостью газа снова быстро принимаетъ прежнее положеніе съ силою, производящею ударъ или хлопаніе по воздуху. Если представить теперь, что въ двухъ сосѣднихъ мѣстахъ оболочки вѣтеръ вдавливаетъ одну часть, и въ то же время другая часть стремится выпрямиться, то слѣдствіемъ этого будетъ вымучиваніе оболочки съвоею сѣткою шара, причемъ, конечно, можетъ легко произойти разрывъ. Изъ всего вышеназложеннаго видно, что устойчивость аэростата зависитъ отъ слѣдующихъ причинъ: 1) отъ неизмѣнности величинъ F и P . 2) отъ того на *много-ли* измѣняются эти величины, ибо, при сильномъ увеличеніи вѣтра, и дуги описываемыя шаромъ дѣлаются велики; 3) отъ *быстроты* перемѣнъ въ силѣ вѣтра и въ подъемной, ибо время качаній шара или время прохожденія дугъ пониженія прямо пропорціонально скорости вѣтра; 4) отъ постоянства вѣтра, ибо если вѣтеръ, разъ усилившись, сдѣлается постояннымъ, то и качаній болѣе не произойдетъ; если же вѣтеръ то усиливается, то уменьшается, то и качанія шара вверхъ и внизъ непрерывны.

Когда точка прирѣзленія шара описываетъ дуги около центра (въ воротѣ), то, какъ лодка держится на одной точкѣ, и дно ея сохраняетъ почти горизонтальное положеніе. Но затѣмъ, кромѣ разсмотрѣннаго здѣсь дугобразнаго движенія въ плоскости вертикальной, дно лодки имѣетъ движенія двухъ родовъ: 1) вращательное и 2) движеніе въ стороны, вправо и влѣво, причемъ эти движенія совершаются по дугамъ, наклоненнымъ къ горизонту (*). Движенія эти

(*) Наклоненіе дна лодки происходитъ тогда, когда сила и направленіе вѣтра

также объясняются дѣйствиемъ трехъ силъ, упомянутыхъ выше, и главнымъ образомъ происходятъ отъ переѣнъ въ направленіи вѣтра. Чѣмъ закрытіе мѣстность, тѣмъ болѣе вѣтеръ измѣняетъ свое направленіе отъ отраженія, и потому тѣмъ чаще становится движеніе такого рода; но какъ закрытая мѣстность для подъема шара необходима для устраненія опасности отъ внезапныхъ порывовъ вѣтра, то нельзя избѣжать такихъ неправильныхъ движеній лодки. Хотя эти движенія небасны, однако они мѣшаютъ наблюденіямъ съ шара.

Исторія воздухоплаванія представляетъ намъ замѣчательный примѣръ неустойчивости военнаго аэростата, вслѣдствіе несообразности между подъемной силой и силою вѣтра.

Въ 1793 году, французская армія осаждала крѣпость Майнцъ. Для производства рекогносцировокъ этой крѣпости былъ построенъ воздушный шаръ, который наполнили газомъ въ Франкенталѣ и оттуда перевезли къ Майнцу. Шаръ имѣлъ въ діаметрѣ около 28 футовъ (около 9 метровъ) (*). Кубическое содержаніе его было 11,469 футовъ, а поверхность сѣченія по діаметру = 616 квадратнымъ футамъ. Поднявшись на высоту 1,000 футовъ (300 метровъ), шаръ внизу имѣлъ отъ 200 до 300 фунтовъ подъемной силы (Лефурнье и Марс-Монжъ), какъ вдругъ внезапный вѣтеръ три раза ударилъ шаръ о землю съ такою силою, что лопнуло нѣсколько желѣзныхъ брусковъ, которыми поддерживался лодка. При этомъ, послѣ каждаго удара, шаръ быстро поднимался вверхъ. Полагая, что подъемная сила въ среднемъ числѣ была только 3 пуда, а остальные 3½ пуда истратились на подъемъ канатовъ, найдемъ, что сила вѣтра была слишкомъ 1 футъ на квадратный футъ поперечнаго сѣченія шара; слѣдовательно скорость вѣтра была = 22 футамъ въ 1". Между тѣмъ, при такой скорости, вѣтеръ считается обыкновеннымъ свѣжимъ вѣтромъ. Кромѣ этого случая, шаръ ударялся два раза о разные предметы во время перевозокъ его (именно у Намюра, 16-го іюля 1794 года, и у Брюсселя) и всякій разъ былъ испорченъ такъ сильно, что требовалось много времени

измѣняются одновременно: сила вѣтра наклоняетъ лодку, а другое направленіе отклоняетъ въ сторону равнодѣйствующая этихъ двухъ силъ и образуетъ наклонную къ горизонту.

(*) Различныя писатели даютъ разныя свѣдѣнія о размѣрахъ воздушныхъ шаровъ, бывшихъ въ употребленіи у французовъ въ революціонныя войны, а именно: Костантиновъ полагаетъ діаметръ ихъ въ 4½ саж. (стр. 49), Воверманъ 27 еутовъ; Лефурнье 30 еутовъ; Горбело 19 еутовъ и 33 еута (стр. 17 и 18). Наибольшее число показаній оставалось на 27 еутахъ; потому и мы принимаемъ этотъ размѣръ шара, бывший подъ Майнцомъ.

для ночники. При Намюрѣ, шаръ, ударившись о деревья, былъ опорожненъ въ одно мгновеніе. Изъ вышеприведеннаго можно вывести заключеніе, что военные аэростаты должны обладать значительной подъемной силой и діаметръ ихъ долженъ быть не менѣе 5 сажень; при перевозкѣ же шара, не слѣдуетъ въ свѣжій вѣтеръ садиться въ лодку, какъ дѣлалъ Кутель, командовавшій ротой французскихъ аэростеровъ.

Независимо отъ всего вышеизложеннаго, дѣйствіе вѣтра, при подъемѣ аэростатовъ, можетъ обнаружиться вертикальнымъ опусканіемъ оболочки на лодку, разумѣется въ томъ случаѣ, если запасная подъемная сила вся истрочена на подъемъ канатовъ. Для устраненія этого обстоятельства, лодка прикрѣпляется къ сѣткѣ въ одной точкѣ (чертежи I и V); тогда, при наклонномъ положеніи балона, удара произойти не можетъ, а если шаръ находится прямо надъ лодкой, то такой ударъ, хотя и въ рѣдкихъ случаяхъ, но можетъ случиться на небольшой высотѣ отъ земли, когда вѣтеръ можетъ отражаться отъ земныхъ предметовъ.

Впрочемъ, трудно себѣ вообразить объяснить возможность подобнаго случая, и потому мнѣніе объ этомъ мы оставляемъ на ответственности Марс-Монжа, изъ сочиненія котораго оно заимствовано (*).

Безопасность воздухоплателей при подъемѣ на несвободномъ аэростатѣ зависитъ отъ исполненія слѣдующихъ условій при его устройствѣ:

2) Оболочка шара должна быть весьма крѣпка. Предѣлъ крѣпости ея долженъ быть опредѣленъ весьма точно.

II) Сопротивленіе матеріаловъ, изъ которыхъ построенъ шаръ, должно быть опредѣлено точно, сообразно тому роду сопротивленія, которое они должны выдерживать.

III) Клапанъ со шнуркомъ должны имѣть надлежащіе размѣры. Клапанъ не долженъ самъ пропускать газъ, а дѣйствіе оныхъ должно быть удобно при всѣхъ обстоятельствахъ.

IV) Шаръ долженъ имѣть, кромѣ обыкновеннаго клапана, особое приспособленіе, открывающееся при началѣ внутренняго давленія въ шарѣ.

V) Разрывъ оболочки не долженъ причинять быстрого паденія шара.

VI) Опусканіе шара должно производиться весьма быстро.

VII) Шаръ долженъ быть, при всякомъ паденіи, снабженъ всіми

(*) Marey Monge „Etudes sur l'aerostation“, стр. 144.

необходимыми инструментами и снарядами, на случай обрыва или ка-
кого либо другого несчастія.

VIII) Обобщеніе шара съ землею должно быть непрерывно и не
зависѣть отъ случайностей.

IX) Оболочка шара должна быть безопасна отъ огня.

Разсмотримъ эти условія по порядку, причемъ можно будетъ
видѣть, насколько удовлетворяетъ имъ шаръ, построенный военнымъ
инженстерствомъ въ 1870 году.

1) Рѣпность оболочки необходима для выдерживанія наружнаго и
внутренняго давленія въ шарѣ. Наружное давленіе происходитъ отъ
вѣтра и въ зависимости отъ скорости послѣдняго. Мы видѣли выше,
что скорость вѣтра наверху весьма трудно опредѣлить непосред-
ственными наблюденіями надъ анемометромъ Комба; потому эту
скорость при извѣстной подъемной силѣ, опредѣляютъ, при помощи
особыхъ таблицъ, по углу наклоненія къ горизонту луча зрѣнія,
идущаго отъ точки прикрѣпленія шара до верхняго конца каната.
Подъемная сила, измѣренная внизу, можетъ ежеминутно измѣняться
отъ слѣдующихъ причинъ:

- 1) Отъ эндозоза газовъ.
- 2) Отъ случайнаго открыванія клапана и небольшихъ прорывовъ
въ оболочкѣ.
- 3) Отъ влажности.
- 4) Отъ измѣненія температуры.
- 5) Отъ выбрасыванія баласта.
- 6) Отъ подниманія или опусканія.

Только въ послѣднихъ двухъ случаяхъ можно знать величину
измѣненія подъемной силы. Поэтому, при устройствѣ шара, подни-
мавшагося въ Лондонѣ на канатъ въ 1868 году, подъемная сила
его измѣрялась динамометрами, изъ которыхъ одинъ находился внизу,
и другой наверху.

Въ нашемъ военномъ шарѣ 1870 года тоже былъ устроенъ сна-
чала динамометръ для нижней части каната; но, по несовершенству
его устройства и малой силѣ, принуждены были отказаться отъ его
употребленія. Чтобы отчасти судить о величинѣ измѣненія подъемной
силы отъ четырехъ первыхъ вышеприведенныхъ причинъ, замѣтимъ, что
1) отъ слоя влажности, толщиной въ 1 точку, подъемная сила
уменьшается на $6\frac{1}{2}$ пудовъ; 2) отъ температуры въ теченіе
дня объемъ газа измѣняется до $\frac{1}{10}$ части, слѣдовательно до 18
пудовъ; 3) намѣненіе отъ диффузіи газа зависитъ отъ прочности
оболочки. При двойной оболочкѣ шара, на опытахъ во время па-

рижской выставки ежедневная потеря газа была 530 кубических футовъ, слѣдовательно, при одиночной оболочкѣ, около 1,000 футовъ; а какъ, на основаніи законовъ эндемоза газовъ, въ то же время войдетъ въ шаръ 250 кубических футовъ воздуха (въ четыре раза меньше противъ выхода газа), то уменьшеніе силы будетъ отъ 2 до 3 пудовъ. Безопасный предѣлъ скорости вѣтра извѣстенъ, а зная, по опыту, величину предѣльнаго внутренняго давленія, и какъ скоро таблицы показываютъ увеличеніе скорости вѣтра, опасное для прочности оболочки, то слѣдуетъ опустить шаръ, хотя бы уголъ отклоненія его былъ невеликъ. Такимъ образомъ, мѣры для безопасности отъ разрыва оболочки можно принять только тогда, когда знаешь предѣлъ внутренняго давленія въ шарѣ. Посмотримъ же, какъ опредѣлить предѣлъ внутренняго давленія; затѣмъ какое давленіе можетъ произойти въ шарѣ въ дѣйствительности, и какъ его уменьшить съ тѣмъ, чтобы предѣлъ его не превышалъ определенной величины.

Изъ всѣхъ писателей о воздухоплаваніи, Марс-Монжъ есть почти единственный, который касается этого вопроса. Нельзя однако ручаться, чтобы способъ, предлагаемый имъ для этой цѣли, былъ вѣренъ, но приводимъ его здѣсь, какъ единственное указаніе по этому вопросу.

Возьмемъ квадратный футъ оболочки, приготовленной для шара; чтобы узнать какое сопротивленіе выдерживаетъ эта поверхность, разрѣжемъ ее на 60 частей, длиною въ 1 футъ и шириною въ 0,2 дюйма: въ футъ такихъ полосъ будетъ 60. По опыту оказалось, что каждая полоска выдерживаетъ ровно 8 фунтовъ тяжести, слѣдовательно квадратный футъ выдержитъ 480 фунтовъ. Такъ какъ сопротивленіе обратно-пропорціонально поверхностямъ, а поверхность нашего шара = 5538 квадратныхъ футовъ, то если одинъ квадратный футъ выдержалъ давленіе только въ 480 фунтовъ, то шаръ выдержитъ давленія только $\frac{480}{5538} = 0,09$ фунта = $\frac{1}{26111}$ атмосфер., а

по манометру = 0,000038 атмосфер. Обыкновенно этотъ способъ даетъ наименьшую величину предѣльнаго сопротивленія оболочки внутри шара. Чтобы получить величину наибольшаго сопротивленія, слѣдуетъ построить маленький шаръ изъ той же матеріи, изъ какой сдѣланъ большой, и, измѣривъ его поверхность, надувать его воздухомъ до тѣхъ поръ, пока онъ не лопнетъ; тогда, по величинѣ того давленія по манометру, при которомъ лопнулъ малый шаръ, можно судить при какомъ давленіи можетъ лопнуть большой шаръ. Для этого означимъ поверхности и давленіе малого и большого шаровъ черезъ

s, S, h^m, H^m ; величина H^m , по манометру, при которой лопнетъ большой шаръ, опредѣлится въ пропорціи $\frac{s}{S} = \frac{H^m}{h^m}$; откуда $H^m = \frac{sh^m}{S}$.

Нѣкоторые изъ позднѣйшихъ изслѣдователей разсматриваемаго вопроса полагаютъ опредѣлять внутреннее давленіе по слѣдующей формулѣ: $b = \frac{D \cdot a}{4}$, гдѣ b есть наружное предѣльное давленіе на одинъ квадратный футъ, взятое изъ опыта, D діаметръ, иско- мое внутреннее давленіе, откуда $a = \frac{4b}{D}$. Если по опыту опре- дѣлено, что одинъ квадратный футъ выдерживаетъ 480 фунтовъ, то $a = \frac{4 \cdot 480}{42} = 45,7$ фунта $= \frac{1}{50}$ атмосферы. Слѣдовательно, при та- комъ давленіи вѣтра на плоскость сѣченія шара, скорость вѣтра бу- деть равна 145 футахъ въ 1", т. е. сильнѣйшему урагану, а между тѣмъ опыты съ воздушными шаромъ доказали, что даже при силь- номъ вѣтрѣ въ 25 футовъ въ 1" оболочка шара не могла выдер- жать давленія вѣтра (*). Послѣ опредѣленія точнаго предѣльнаго давленія внутри шара и, по нему, предѣльной скорости вѣтра, яв- ляется вопросъ: можно-ли всегда не превышать этого предѣла. Чтобы рѣшить этотъ вопросъ, посмотримъ отъ какихъ причинъ зависитъ внутреннее давленіе въ шарѣ.

Это давленіе можетъ происходить отъ слѣдующихъ причинъ:

1) *Отъ газа газа.* Шаръ, наполненный газомъ, можно разсма- тривать какъ обыкновенный сосудъ, наполненный жидкостью. Дав-

(*) Сомнительность этой формулы можно видѣть изъ слѣдующаго расчета.

Если давленіе составляетъ $\frac{1}{50}$ часть атмосферы, то, еслибы шаръ былъ сдѣланъ изъ желѣза, потребовалось бы сдѣлать оболочку толщиной 1, 2 линіи (по формулѣ $b=0,008$ атмосф. п. $D+1,2$); крѣпость оболочки можно принять равной съ со- противленіемъ кожи, т. е. въ 13 разъ слабѣе желѣза (Бернули стр. 197); слѣдо- вательно, чтобы выдержать $\frac{1}{50}$ атмосф. давленія, оболочка должна была бы имѣть $1, 2 \times 13 = 15, 6$ лин. $= 1\frac{1}{2}$, дюймамъ толщины, а какъ въ дѣйствительности тол- щина оболочки $= 0,06$ линій, т. е. въ 260 разъ менше, то она выдержитъ и дав- леніе меньшее въ 260 разъ, именно $\frac{1}{13,000}$ атмосфер. $= 0, 18$ фунта. Выводъ этотъ хотя вдвое болѣе вычисленнаго по способу Марс-Монжа, но все таки долженъ быть ближе къ истинѣ, чѣмъ выведенный по формулѣ: $a = \frac{4bn}{D}$. По вычисленію же Lamert'a (de la locomotion mécanique pag. 20), предѣлъ сопротивленія оболочки, при скорости вѣтра въ 13 е. въ 1", равенъ 0, 14 фунта на квадр. футъ.

леніе въ такомъ сосудѣ зависитъ отъ плотности жидкости и высоты ея столба. Поэтому наибольшее давленіе будетъ происходить на верхнюю часть шара. Каждый футъ этой части будетъ претерпѣвать давленіе столба газа, имѣющаго видъ параллелипипеда, основаніемъ которому будетъ служить часть верхней оболочки, величиною въ квадратный футъ, а высотой высота шара безъ $\frac{1}{10}$ части его. Полагая, что высота газоваго столба = 50 футамъ, весь параллелипипедъ будетъ $50 \times 0,86 = 43$ золотникамъ, т. е. около 0,0001 атмосферы. На боковыя стѣнки давленіе будетъ, конечно, еще менѣе.

2) *Отъ напряженія подъемной силы.* Положимъ, что шаръ имѣетъ въ данный моментъ наибольшую подъемную силу въ 20 пудовъ (сила эта измѣняется отъ высоты подъема, нагрузки шара, влажности, дѣйствія солнечныхъ лучей и т. д.). Поверхность шара = 5,538 кв. футамъ, слѣдовательно на каждый футъ приходится давленія $\frac{800 \text{ фунт.}}{5538} = 0,00005$ атмосферы.

3) *Отъ поднятія шара на известную высоту.* Если объемъ газа въ шарѣ 40,000 кубическихъ футовъ на поверхности земли, при давленіи 30", то на высотѣ 1000 футовъ, гдѣ давленіе = 29,2", объемъ газа будетъ равенъ $\frac{40,000 \times 30}{29,2} = 41,095$ футамъ, т. е. увеличеніе объема будетъ = $\frac{1}{40}$ части. Нѣкоторые писатели полагаютъ, что на этой высотѣ увеличеніе объема газа должно даже доходить до $\frac{1}{25}$ части (*), т. е. = 0,04 атмосферы.

4) *Отъ увеличенія температуры во время опытовъ.* По непродолжительности времени опытовъ можно допустить, что лѣтомъ температура, въ теченіе двухъ часовъ, не возвысится болѣе чѣмъ на 5°. Такъ какъ на каждый градусъ газъ расширяется на $\frac{1}{280}$ объема, то на 5° расширится на $\frac{5}{280} = \frac{1}{56} = 0,018$ атмосферы.

5) *Отъ дѣйствія вѣтра на наружную поверхность шара,* причемъ образуется небольшое внутреннее давленіе (если шаръ совершенно наполненъ). По вышеупомянутымъ таблицамъ можно видѣть, что при скорости вѣтра 10 футовъ въ 1" давленіе вѣтра на квадратный футъ поверхности будетъ = 0,22 фунта или 21,1 золотнику; слѣдовательно, для внутренняго давленія, получимъ:

(*) Fonvielle: „La science en ballon“, стр. 29.

$\frac{2350}{2,5 \text{ фута}} = \frac{0,22 \text{ фута}}{x}$; $x = \frac{0,22 \times 2,5}{2350} = 0,0002 \text{ фута}$ по манометру или $= 0,0001$ атмосферы.

Сложивъ все величины внутреннего атмосфернаго давления, получимъ, что оно можетъ возрасти до $0,05 = \frac{1}{20}$ атмосферы, рѣшится въ томъ только случаѣ, если шаръ наполненъ совершенно; но какъ на практикѣ онъ наполняется не болѣе какъ до 0,9 его объема, и для расширения газа остается 0,1 часть, то ясно, что внутри шара, до тѣхъ поръ пока онъ держится на высотѣ 1000 футовъ или немного выше, никакого давления внутри не будетъ.

Допустимъ, что канатъ шара оборвался отъ какихъ либо причинъ: тогда шаръ, имѣя огромную запасную силу, полетитъ съ страшной быстротой и достигнетъ полной своей высоты въ нѣсколько минутъ, именно, приблизительно, въ восемь минутъ (*). Быстрота поднятiя сначала будетъ болѣе, а потомъ уменьшится отъ давления газа или отъ выпусканiя его; надо, приблизительно, полагать, что въ первая двѣ минуты шаръ поднимется на 10,000 футовъ. Это соответствуетъ давленiю въ 20". Объемъ же газа на этой высотѣ будетъ $\frac{40,000 \cdot 30}{20} = 60,000$ футами, т. е. въ $1\frac{1}{2}$ раза болѣе;

слѣдовательно, черезъ минуту послѣ обрыва, въ шарѣ будетъ внутреннего давленiя 0,5 атмосферы или 1175 фунтовъ на квадратный

(*) Высота подъема шара, не принимая въ соображенiе температуры, опредѣляется по формулѣ $\frac{\sqrt{(1,1) x}}{30} = \sqrt{p' + p''}$, гдѣ p есть весь единицы объема воздуха, p' весь газа, а p'' весь разныхъ частей системы, ибо шаръ поднимается въ слой такого давленiя, при которомъ весь вытѣсненнаго воздуха сдѣлается равнымъ всѣу всей системы; при этомъ, если шаръ наполненъ до $\frac{9}{10}$, то весь вытѣсняемаго воздуха надо увеличить на 0, 1. Полагая весь вытѣсненнаго воздуха 90 пудовъ, а весь системы въ 43 пуда, получимъ $\frac{90}{30} x = 42$; $3, 3 x = 46$; $x = \frac{48}{33} = 14, 1$ дюйма = 364 миллиметра, что соответствуетъ высотѣ около 20,000 футовъ (19,909 фут. См. Маре Монжъ, страница 290). Если бы не было сопротивленiя воздуха, то начальная скорость шара была бы по формулѣ $V = \sqrt{2 gh} = 1,135$ футами въ 1", а время подъема $= \frac{V}{g} = \frac{1182}{32} = 35, 5$ ". Понятно, что сопротивление воздуха, въ случаѣ обрыва шара, будетъ огромно, отчего скорость полета значительно замедлится. Такъ какъ, по совершенномъ расширенiи газа, подъемная сила будетъ уменьшаться, а равно и сопротивление воздуха, то довольно трудно точно вычислить время полета, но вообще можно полагать его не болѣе нѣсколькихъ минутъ.

футъ. Для уменьшенія этого давленія, котораго не может выдержать никакая оболочка, есть два средства: или оставить нижнее отверстіе шара открытымъ, или же немедленно открыть верхній клапанъ. Оставить открытымъ нижнее отверстіе шара невозможно, по слѣдующимъ причинамъ: 1) черезъ него воздухъ примѣшивается къ газу и уменьшаетъ его подъемную силу; 2) порывы вѣтра, вдавливающей оболочку, могутъ выгнать газъ прямо на воздухоплаватель, а водородный газъ хотя неядовитъ, но удушливъ, и бывали примѣры, что, при несоблюденіи предосторожности закрывать нижнее отверстіе, воздухоплавателей находили задохшимися. Второе средство, т. е. открываніе наружнаго клапана для выпуска газа, тоже невозможно (*), потому что: 1) при обрывѣ каната произойдетъ толчекъ и для того, чтобы оправиться отъ него, надо время; 2) шнурокъ клапана весьма часто запутывается въ складкахъ шара и, кромѣ того, сжимается складками, вслѣдствіе того, что, при наполненіи шара, внизу образуется безвоздушное пространство; да еслибы клапанъ оказался исправнымъ, то для дѣйствія имъ на высотѣ 10,000 футовъ потребуется значительная сила и время, во всякомъ случаѣ болѣе одной минуты; 3) лодка отстоитъ отъ низа шара сажени на четыре; слѣдовательно, въ случаѣ порчи клапана, чтобы проткнуть шаръ внизу, надо тоже много времени, чтобы долѣзть до нижняго отверстія по наружной лѣстницѣ, не говоря уже о томъ, что такая гимнастика крайне опасна. Внизу военнаго шара оставлено, правда, небольшое отверстіе въ деревянной пробѣ; сквозь которую проходитъ шнурокъ клапана, но діаметръ его не болѣе одного дюйма; слѣдовательно черезъ него въ одну минуту можетъ выйти газу не болѣе 277 кубическихъ футовъ (**). Такимъ образомъ, для устраненія явдой опасности въ случаѣ обрыва каната, приходится прибѣгнуть къ устройству особаго механизма, открываемаго одновременно съ обрывомъ каната, о чемъ будетъ сказано ниже.

II) Опредѣленіе предѣла сопротивленія матеріаловъ, изъ которыхъ построенъ шаръ, слѣдуетъ сдѣлать непрямънно и подробно для всѣхъ частей шара и вычисленія повѣрить на опытѣ. При опытахъ, произведенныхъ въ 1870 году, случайно упустили изъ виду опредѣлить сопротивленіе желѣзнаго валика въ 1,2 линіи толщины, закрывавшаго внизу главный крючекъ, на которомъ держалась лодка.

(*) Французскіе военные аэростаты, употребившіеся во время революціонныхъ войнъ, вовсе не имѣли клапана. Fonvielle, стр. 30.

(**) По формулѣ $M = S \sqrt{2gh} = 0,08 \text{ в.} \sqrt{64, 36 \times 50} = 0,08 \times 57 = 4, 56 \text{ в.}$
 $1' = 4, 56 \times 60 = 277, 6 \text{ в.} 1'.$

Этотъ валикъ при опытахъ немного вогнулся, а когда вычисляли сопротивление его, то оно оказалось едва достигающимъ минимума предѣла, отчего и могъ случиться обрывъ лодки.

III) Хорошее устройство обыкновеннаго выдуснаго клапана весьма важно. Онъ долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ для безопасности шара: 1) имѣть надлежащіе размѣры; 2) быть прочно прикрѣпленнымъ въ оболочкѣ; 3) имѣть пружину надлежащей силы; 4) дозволить дѣйствовать во всякое время и при всѣхъ обстоятельствахъ. Размѣръ клапана важенъ потому, что, при слишкомъ большой поверхности его, газъ при открываніи будетъ выходить въ такомъ количествѣ, что опусканіе шара превратится въ паденіе, чему и были примѣры (*). Практика прежнихъ временъ дала указаніе, что на каждые 1,000 кубическихъ метровъ газа надо имѣть клапанъ съ поверхностію въ одинъ квадратный футъ; но это указаніе выведено было для клапановъ французской системы сплошныхъ; для клапановъ же со спиральной пружиною и рѣшеткой, при полномъ открываніи клапана, т. е. на четыре дюйма высоты рѣшетки, площадь, чрезъ которую уходитъ газъ, будетъ равна десяти квадратнымъ футамъ (если верхняя доска = одному квадратному футу); слѣдовательно, если руководствоваться прежнею практикою, то можно сказать, что клапанъ въ шарѣ 1870 года слишкомъ былъ великъ. Впрочемъ, его ниразу не пробовали отырывать во время полета, а случалось, что онъ самъ открывался отъ защемленія шнура, но черезъ какую площадь могъ выходить газъ было неизвѣстно, и потому вопросъ о размѣрѣ клапана требуетъ опредѣленія на практикѣ.

2) Клапанъ имѣетъ вѣсъ отъ 10 до 12 фунтовъ и, при качаніяхъ шара, весьма сильно дергаетъ оболочку въ стороны. Лучшее прикрѣпленіе, какъ оказалось на опытахъ, заключается въ томъ, что оболочка наворачивается на металлическое кольцо, которое входитъ въ глубокой жолобъ, окружающій верхнюю доску клапана, и сжимается вокругъ него прижимными винтами. При всѣхъ же прикрѣпленіяхъ другаго рода клапанъ рвалъ оболочку.

3) Пружина шара должна быть сильна на столько, чтобы можно было устранять дерганіе шнура снизу вверхъ, въ случаѣ сжатія его въ складкахъ оболочки; но, съ другой стороны, чтобы открытіе клапана не затруднялось излишнею тяжестію.

(*) Отъ этой причины погибъ воздухоплаватель Гаррисъ. Онъ поднялся въ Лондонѣ въ 1824 году, но, по открытіи клапана, шаръ такъ быстро опустился на крыши домовъ, что Гаррисъ былъ выброшенъ изъ лодки и убитъ. Fonvielle, стр. 32.

Во время наполненія шара газомъ, оболочка внутри почти не заключаетъ воздуха, и потому нижнія части оболочки плотно сжимаются. Если затѣмъ часть газа выйдетъ (диффузія), то оставшаяся пустота тоже почти не заключаетъ въ себѣ воздуха и эта нижняя часть а, сжимая шнурокъ (черт. VI), кромѣ того закручивается отъ дѣйствія вѣтра. При дѣйствіи вѣтра на шаръ, можетъ случиться, что верхняя часть оболочки податся внизъ, именно когда шнурокъ ослабнетъ и можетъ закрутиться въ складочку. Съ прекращеніемъ дѣйствія вѣтра, оболочка выпрямляется, следовательно высота шара увеличивается; но шнурокъ уже не будетъ имѣть прежней длины, и потому клапанъ дергается его и старается удлинять, т. е. выдернуть изъ складокъ. Конечно, при этомъ нельзя опредѣлить точно силы, съ какою дергаетъ шнурокъ, что зависитъ отъ случая; можно приблизительно положить, что сила пружины должна доходить до 15 фунтовъ, между тѣмъ какъ въ военномъ шарѣ она имѣла силу отъ трехъ до шести фунтовъ.

4) Дѣйствіе клапаномъ затрудняется, какъ сказано выше, сжиманіемъ частей оболочки и, кромѣ того, отъ упругости шелковой веревки шнурокъ образуетъ большіе узлы, такъ что приходится дѣлать отверстіе для шнура болѣе одного дюйма въ поперечномъ сѣченіи, а черезъ это происходитъ излишняя потеря газа и смѣшеніе его съ воздухомъ, что уменьшаетъ подъемную силу.

Чтобы устранить всѣ вышеназванные недостатки клапана, нужно значительно удлинить веревку и дѣлать ее въ $1\frac{1}{2}$ раза болѣе высоты шара; шнурокъ дѣлать шерстяной, а внизу шара устранять пробку, закрывающую шаръ, такъ чтобы отверстіе для шнура могло расширяться по произволу (*).

Мы видѣли выше, что, въ случаѣ обрыва каната, давленіе внутри шара быстро возрастаетъ до $\frac{1}{2}$ атмосферы, и что необходимо устроить, для устраненія давленія, какой нибудь особый механизмъ. Такъ какъ оболочка можетъ выдержать только совершенно ничтожное давленіе, какъ показано выше, то и нельзя устроить предохранительнаго клапана наверху шара, ибо давленіе газа вверхъ ставляло бы его безпрерывно открываться, и потому предохранительный клапанъ лучше устроить внизу (какъ показано на фигурѣ VII), причѣмъ нѣтъ надобности дѣлать особыхъ пружинъ: клапаномъ будетъ служить открывающееся легко нижнее отверстіе шара. Фовиель совѣтуетъ имѣть при шарѣ особый манометръ изъ каучу-

(*) Нижний клапанъ можно было бы устроить пружинный, одинаковой конструкции съ верхнимъ, но съ отверстіемъ для прохода шнура верхняго клапана.

новой трубки, проведенной сверху, оканчивающейся металлическимъ манометромъ для того, чтобы знать, когда открыть нижній клапанъ; но при военныхъ аэростатахъ такой манометръ едва ли излишній, потому что въ весьма рѣдкихъ случаяхъ придется начать воздухоплаваніе на канатѣ, а продолжать его на свободномъ шарѣ, хотя такіе случаи и бывали на практикѣ (*). Въ военное же время, по всей вѣроятности, при обрывѣ каната придется немедленно опускаться, чтобы не попасть въ неприятельскій лагерь или въ арьергардъ своихъ войскъ, гдѣ шаръ безполезенъ. Если нижняго клапана не устроено, то остается послѣднее средство: въ случаѣ обрыва, проткнуть шаръ, какъ сдѣлали это въ 1784 году воздухоплаватели герцогъ Шартерскій и Робертъ, когда отверстіе ихъ шара было на высотѣ замкнуто неудачно-устроеннымъ внутреннимъ шаромъ (**).

V) Если оболочка разорвется отъ какой либо причины, то въ шарахъ обыкновеннаго устройства опасность будетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ выше образовалось отверстіе, вслѣдствіе того, что наверху давленіе газа гораздо сильнѣе, чѣмъ снизу, а потому и потеря газа будетъ, въ первомъ случаѣ, болѣе, чѣмъ во второмъ (***). Обыкновенно практика показываетъ, что лишь только образуется отверстіе выше экватора, то, отъ давленія газа, оно начинаетъ быстро расширяться снизу вверхъ, и обыкновенная сѣтка нисколько не можетъ удержать такого расширенія отверстія въ шарѣ. Въ послѣднее время стали дѣлать оболочку особаго устройства такимъ образомъ, чтобы она была соткана вмѣстѣ съ сѣткой, и веревки послѣдней прочно вилетены внутрь ея. Очевидно, что, при такомъ устройствѣ, образовавшееся отверстіе не можетъ имѣть площади болѣе чѣмъ площадь каждой клеткѣ сѣтки, а величину этихъ клетокъ легко вычислить такъ, чтобы опусканіе шара произошло, въ случаѣ прорыва, весьма медленно. Устройство такой сѣтки полезно и въ томъ отношеніи, что, доставляя безопасность, оно сохраняетъ экономію въ потерѣ газа, ибо бывали случаи во время французской революціонной войны, что шаръ отъ одного отверстія мгновенно опорожнялся, какъ это было при Намурѣ (****).

VI) Одно изъ средствъ для поддержанія устойчивости шара есть опусканіе его, ибо при этомъ подъешан сила увеличивается на вѣсъ

(*) Рекогносцировка, произведенная федералистами при Вашингтонѣ, во время сѣверо-американской войны въ 1861 г.; а также опытъ, проведенный въ Англии въ 1864 г. въ Вулвичѣ, полковникомъ Бьюмонтомъ.

(**) Краткая исторія воздухоплаванія, страница 12-я.

(***) Мажъ, стр. 161.

(****) Manuel d'aérostation Dupuis Delecourt, стр. 90.

навернутой части каната; но для того, чтобы это средство было полезно въ практикѣ, необходимо, чтобы опусканіе могло производиться весьма быстро.

Дѣйствительно, положимъ, что нашъ шаръ, при вѣтрѣ въ 16 футовъ, имѣетъ наклонъ въ 45° . При увеличеніи вѣтра вдвое и если подъемная сила остается безъ перемены, то наклонъ увеличится также вдвое и будетъ составлять только 23° (чертежъ VII), а шаръ опишетъ дугу въ 23° , длина которой при $R = 120c = 0,43 R = 357$ футахъ. Скорость движенія шара по дугѣ ав опредѣлится изъ формулы $X = \frac{m c}{m + m'}$ гдѣ c —скорость вѣтра = 16 футовъ, а

m и m' — массы шара и воздуха (то есть давленіе вѣтра)

$$X = \frac{40 \cdot 32}{40 + 44} = \frac{1280}{83} = 15 \text{ футовъ въ } 1''. \text{ Значитъ, время дви-}$$

$$\text{женія шара} = \frac{307}{15} = 23,8'', \text{ т. е. менѣе } \frac{1}{2} \text{ минуты. При обыкно-}$$

венномъ устройствѣ ворота, канатъ успѣетъ въ это время опуститься на три сажени, а сила увеличится на 10 фунтовъ, откуда ясно, что такому дѣйствию вѣтра можно противостоятъ при дурно-устроенномъ воротѣ не опусканіемъ шара, а только выбрасываніемъ баласта. Послѣ окончанія порыва вѣтра, шаръ принимаетъ прежнее положеніе, такъ что если сила порыва не угрожаетъ слишкомъ много склонить шаръ къ землѣ, то можно даже не выбрасывать баластъ, если наблюденіе не требуетъ неподвижности. Если же послѣднее условіе необходимо, то выбрасываютъ баластъ. Зная величину своей подъемной силы, легко вычислить сколько нужно баласта, чтобы возстановить прежнее положеніе шара при известной силѣ вѣтра. Если вѣтеръ съ 10-ю футами скорости достигъ 15 футовъ, т. е. увеличился въ $1\frac{1}{2}$ раза, то, чтобы сохранить уголъ въ 45° , не достанетъ всего баласта, который можно взять съ собой; поэтому не слѣдуетъ сразу выдать много баласта, а лучше беречь его на случай особенно сильныхъ порывовъ. Бросаніе баласта, при часто-повторяющемся порывахъ, скоро истощаетъ запасъ песку, и потому-то, кромѣ неподвижнаго баласта, слѣдуетъ имѣть тонкую веревку съ грузомъ, который опускается изъ лодки почти до земли и, при сильныхъ порывахъ, касаясь земли, облегчаетъ шаръ мгновенно, тогда какъ для выбрасыванія баласта требуется время. Сверхъ того, выбросить въ минуту можно не болѣе пуда песку, по неудобству подымать мѣшки вверхъ и развязывать ихъ, а грузъ на концѣ веревки можно имѣть въ пять пудовъ, слѣдовательно, уменьшать наклонъ шара на болѣе углы

и болѣе быстро. Допустимъ, что скорость вѣтра наверху во время подъема достигла наконецъ такой степени, что надо рѣшительно опуститься, ибо выбрасываніе баласта не помогаетъ; тогда каждая лишняя минута пребыванія на воздухѣ угрожаетъ очевидною опасностію. Допустимъ, на примѣръ, что вѣтеръ такъ силенъ, что, для полученія наклона даже въ 10° , надо приобрести силы пять пудовъ, а баласта выброшено два пуда и остается также два пуда: приходится опустить канатъ на столько, чтобы опущенная часть вѣсила три пуда. Если вѣсъ каната = 3 фунтамъ, то канатъ надо опустить на 66 сажень, на что нужно 22 минуты; но въ это время вѣтеръ не одинъ разъ можетъ ударить шаръ о землю и выбросить или ушибить аэронавтовъ. Наконецъ, въ военное время, когда шаръ подвергается дѣйствию непріятельскихъ выстрѣловъ, быстрое опусканіе составляетъ иногда единственное средство къ спасенію, какъ это и случилось въ періодъ французскихъ революціонныхъ войнъ при Мобежѣ (*). Во французской арміи, опусканіе шара, въ 1793 году, производилось на двухъ канатахъ просто людьми, и этому способу начальникъ аэростатной роты, капитанъ Кутель, приписываетъ то удобство, что канаты, имѣя эластичность въ рукахъ людей, не могли оборваться, хотя были весьма тонки. Въ сѣвероамериканскую войну, военные шары опускались на трехъ канатахъ, которые проходили черезъ блоки, укрѣпленные вблизи на землѣ (**). На парижской всемірной выставкѣ и во время выставки воздухоплавательныхъ снарядовъ въ 1868 году въ Лондонѣ, огромные шары подымались на одномъ канатѣ при помощи ворота, приводимаго въ движеніе паровой машиной (***) . Въ нашемъ военномъ аэростатѣ въ первый разъ употреблены ручные ворота и неудобство ихъ оказалось очевиднымъ, а выгоды заключаются только въ томъ, что опусканіе можно произвести плавно и безъ толчковъ. Быстрота опусканія при ручныхъ воротахъ зависитъ отъ ихъ размѣровъ и нельзя поставить для дѣйствія ими болѣе извѣстнаго числа людей, тогда какъ, при опусканіи руками, быстроты можно достигать, увеличивая по произволу число работающихъ людей. При опытахъ съ воздушнымъ шаромъ, производившихся въ 1870 году, скорость опусканія была около 46 минутъ. Потомъ былъ устроенъ другой воротъ, нѣсколько

(*) Mannel d'aërostation, стр. 896.

(**) Journal of royal United service Institution 1864 № 12.

(***) По газетнымъ извѣстіямъ, передъ осадой Парижа пруссаками въ 1870 г., воздушные шары были употреблены для рекогносцировокъ при Монмартрѣ. Со стороны пруссаковъ воздушный шаръ былъ заказанъ единбургскому воздухоплавателю Уэльсу, 26 августа 1870 г.; при осадѣ Страсбурга пруссаки употребили въ дѣло два воздушныхъ шара.

большихъ размѣровъ (чертежъ VIII), а именно: средній діаметръ вала былъ = 16 дюймамъ; діаметръ большаго зубчатаго колеса 26 д., діаметръ зубчатки 4,5 дюйма; длина рукоятки 16 дюймовъ. По свойству ворота сила F , которая требуется для поднятія на этомъ воротѣ тяжести въ 40 пудовъ, опредѣляется по формулѣ $F = \frac{P \cdot r \cdot r'}{R \cdot R'}$,

гдѣ r r' выражаютъ радіусы вала и зубчатки, а R и R' радіусы рукоятки и колеса. Подставивъ въ эту формулу числовыя данныя, будемъ имѣть $F = \frac{40'' \cdot 8 \cdot 2}{16 \times 13} = \frac{640}{208} = 3,1$ пуда. Но какъ силу

отдѣльнаго человѣка, при постоянной работѣ, нельзя положить болѣе 20 фунтовъ, то потребуетъ, для опусканія аэростата, по крайней мѣрѣ 6 человѣкъ. Скорость вращенія рукоятки, при долгой работѣ, не можетъ быть болѣе 2,5 футовъ (30 дюймовъ) въ 1"; ту же скорость будетъ имѣть и зубчатка; но большое колесо, имѣя діаметръ въ шесть разъ болѣе, скорость будетъ имѣть въ шесть разъ меньшую, т. е. 0,41 футъ въ 1". Слѣдовательно, для одного оборота колесо B употребитъ время $t = \frac{2 \pi r \cdot 2 \cdot 3 \cdot 14 \times 1,08 \text{ ф.}}{V \cdot 0,41 \text{ футъ.}} = 16,5''$,

а число оборотовъ въ минуту будетъ $\frac{60}{16,5} = 3,6$; а какъ средняя окружность вала = 50 дюймамъ, то въ минуту валъ будетъ проходить $50 \times 3,6 = 180$ дюймамъ, или 15 футамъ, а 100 сажень въ 46 минутъ. Такимъ образомъ, скорость вращенія этого ворота не увеличилась вмѣстѣ съ уменьшеніемъ силы для вращенія. Для полученія выгодныхъ практическихъ результатовъ при опусканіи шара, нужна такая скорость вращенія, чтобы шаръ могъ опуститься въ 5 или 10 минутъ, чего можно достигнуть только при помощи локомотива, или же придется замѣнить воротъ особымъ журавлемъ, или колесомъ, подобнымъ устраиваемымъ при колодцахъ. Но тогда вѣсъ и размѣръ этого механизма будутъ затруднять перевозку его на большія разстоянія.

VII) Несмотря на всѣ предосторожности противъ разрыва главнаго каната, онъ все-таки можетъ случиться отъ слѣдующихъ причинъ: 1) отъ перетиранія каната въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, что, при большой длинѣ каната, трудно замѣтить; 2) отъ случайнаго переѣданія каната сѣрною кислотой и ржавчиной отъ желѣза; 3) отъ того, что, при подниманіи шара, люди, развертывающіе канатъ, случайно упустятъ его на нѣкоторую длину, а потомъ остановятъ: тогда ка-

натъ, вытягиваясь вдругъ, подобно обрываемой съ двухъ концовъ ниткѣ, можетъ не выдержать этого напряженія. Положимъ, что канатъ упущенъ въ началѣ движенія при двухъ футахъ длины, то подъемная сила въ 800 фунтовъ произведетъ работу $\frac{1600 \cdot 20^2}{64} = 10000$ фунто-футамъ.

Въ то же время, динамическая прочность каната будетъ, по Бернули (страница 108), опредѣляться по формулѣ $h = \frac{1}{24} \left(\frac{A^2}{E} \right) \cdot v$ фунто - футамъ $= \frac{1}{24} \times 1770 \times 10 \frac{\text{куб. д.}}{\text{куб. д.}} = 737$ фунт. футамъ (*)

т. е. сопротивленіе каната разрыву будетъ недостаточно. Если же канатъ упущенъ послѣ значительнаго поднятія вверхъ и скорость подъема $= 40$ футамъ въ 1", то живая сила будетъ 2,000 фунто-футамъ, а динамическое сопротивленіе 38,718 фунто-футамъ. Въ 1868 году, въ Лондонѣ, большой шаръ, поднимавшійся на канатѣ, устроенный акціонерной компаніей, оборвался именно отъ случайнаго невниманія машиниста, упустившаго канатъ.

Допуская же возможность обрыва, необходимо всякій разъ брать съ собою всѣ инструменты и матеріалы на этотъ случай, а именно: барометръ, якорь, веревки, ножикъ, рупоръ, полный баластъ, врачебныя средства, немного съѣстныхъ припасовъ, теплую одежду, резиновую подушку и, если можно, то и парашютъ. Вообще надо замѣтить, что если когда-либо и случались несчастія при воздухоплаванія, то почти всегда отъ незнанія дѣла, отъ невниманія и неосторожности (Пилатръ-де-Розье, Бланшаръ, Гаррисъ и другіе), и, напротивъ, при знаніи дѣла, несчастія нисразу не случались: напримѣръ, извѣстный воздухоплаватель Глешеръ подымался 256 разъ; англійскій любитель воздухоплаванія Ковсвелъ подымался безчисленное число разъ, и всегда удачно.

VIII) Во время французскихъ революціонныхъ войнъ, военные шары сообщались съ землею сигналами изъ флаговъ. Въ сѣверо-американской войнѣ, во время битвы при Шарлоттсбургѣ, американцы сообщали о своемъ побѣдѣ французамъ, поднявъ флаги на шарахъ.

(*) Въ послѣдней формулѣ 1770 е. есть предѣлъ динамическаго сопротивленія кожи; цифра 10 назначаетъ кубическіе дюймы въ 2-хъ футахъ каната; $\frac{1}{24}$ особый коеффициентъ по Ротенбахеру. Скорость поднятія принята въ 20 футовъ въ 1", что гораздо ниже дѣйствительной скорости. Слѣдовательно, чтобы канатъ выдержалъ сопротивленіе при 20 пудахъ силы, надо, чтобы онъ имѣлъ прочность $40 \times 13 = 520$ пудамъ, а нашъ канатъ выдерживаетъ всего 160 пудовъ. Разумѣется, случай упущенія каната людьми весьма мало вѣроятенъ, ибо нельзя предположить невнимательности одновременно отъ 8 человѣкъ.

риканскую войну употребленъ былъ въ первый разъ электрическій телеграфъ, но подробности его устройства неизвѣстны. Телеграфное сообщеніе, несмотря на быстроту его, неудобно при томъ устройствѣ военного шара, которое было принято у насъ въ 1870 году. Неудобства его заключается въ слѣдующемъ: 1) уменьшеніе подъемной силы черезъ прибавленіе лишняго проволочнаго каната; 2) при неравномѣрномъ дѣйствіи двухъ канатовъ, проволочный канатъ пускается слабѣ пеньковаго, и потому, для удержанія шара, дѣлается бесполезнымъ; 3) во время поднятія, проволочный канатъ, дѣлаясь слабѣ, ударяется о пеньковый канатъ, производя круженіе лодки, а иногда, зацѣпляясь о ворота, останавливаетъ движеніе; если же проволочный канатъ натянется сильнѣ пеньковаго, то прочность его недостаточна для поддержанія шара; 4) если телеграфную проволоку влести внутрь пеньковаго каната, то она будетъ часто ломаться и починка ея затруднительна; 6) телеграфный аппаратъ требуетъ лишняго человѣка въ лодкѣ, уменьшаетъ свою тяжесть подъемную силу, а также требуетъ лишнихъ людей для дѣйствія канатами. Неудобства телеграфнаго сообщенія шара вполнѣ оказались на опытахъ, бывшихъ у насъ въ 1870 году, и потому слѣдуетъ рѣшительно предпочесть сообщеніе воздухоплателей съ землею посредствомъ сигнальных флаговъ. Въ случаѣ возможности, можно просто бросать записки внизъ, хотя это средство не всегда удобно, въ тѣхъ случаяхъ, напримѣръ, когда шаръ носится надъ неприступными предметами. Сигналовъ должно быть немного и несложныхъ комбинацій. Различіе въ сигналахъ не должно быть основано на цвѣтѣ флаговъ, а только на соединеніи прямыхъ и ломаныхъ линий.

IX) Обыкновенно при употребленіи аэростатовъ слишкомъ много преувеличиваютъ опасность отъ огня. Гремучая смѣсь, состоящая изъ двухъ объемовъ водорода и одного объема кислорода, можетъ внутри шара образоваться тогда, когда въ него войдутъ пять объемовъ воздуха на два объема водорода (по Ренью); но если нижнее отверстіе шара закрыто, то воздухъ входитъ въ шаръ черезъ диффузію (просачиваніе) газовъ, причемъ его входитъ въ шаръ въ четыре раза менѣ, чѣмъ выходитъ водорода. Если оболочка прочна, то черезъ 30 дней выйдетъ приблизительно 30,000 кубическихъ футовъ водорода и въ шарѣ будетъ находиться 8,000 кубическихъ футовъ водорода, да столько же воздуха (полагая въ томъ числѣ воздухъ вошедшій снизу); значитъ на два объема водорода будетъ приходиться около $\frac{1}{2}$ объема кислорода (0,4 объема). Слѣдовательно, настоящей гремучей смѣси никогда не можетъ образоваться. Поэтому опасность

взрыва тѣмъ болѣе, чѣмъ долѣе остается шаръ наполненнымъ. Если случайно водородъ загорится *вскорь* послѣ пополенія шара, то онъ сгораетъ медленно слоями (какъ это и было при гибели г-жи Бланшаръ) и шаръ медленно опускается. Если же загорится оболочка, то весь газъ вспыхиваетъ (какъ было при гибели Пилатра-де-Розье), и потому необходимо, чтобы оболочка была сдѣлана на всякій случай изъ негоряемой матеріи, для чѣго пропитываютъ ее кремнекислымъ каломъ и потомъ выщелачиваютъ въ слабой хлористоводородной кислотѣ.

Изъ всего вышесказаннаго видно, что главнѣйшее препятствіе для устойчивости аэростата заключается въ дѣйствіи вѣтра. Многие писатели, занимавшіеся этимъ вопросомъ, предлагали различныя средства, для устраненія вреднаго вліянія вѣтра, а именно: 1) давать аэростату видъ цилиндра, съ конусообразными оконечностями, полагая, что, въ такомъ случаѣ, онъ будетъ становиться по вѣтру и представлять меньшее сопротивленіе ему; 2) придавать шару крылья, колеса или винтъ, движеніе которыхъ въ обратную сторону отъ вѣтра противодѣйствовало бы ему; 3) придавать, съ тою же цѣлю, ракеты или цилиндръ, наполненный гремучимъ газомъ, отъ воспламененія котораго шаръ получалъ бы движеніе противъ вѣтра (Herbelot); 4) примѣнить къ шару теорію змѣи (Monge Wovermans). Нѣкоторыя изъ этихъ средствъ, напримеръ механическіе двигатели и ракеты, были испытаны, но безъ успѣха. 5) Наконецъ, въ послѣднее время, большая часть занимающихся разрѣшеніемъ вопроса о воздухоплаваніи стремится достигнуть этой цѣли безъ помощи газовыхъ баллоновъ—передвиженіемъ тяжестей по воздуху паровыми машинами. Но тѣсно назначаемы были, для поощренія изобрѣтателей, большія преміи въ Англіи и во Франціи: вопросъ подвинулся весьма мало и едва-ли можетъ подвигнуться до тѣхъ поръ, пока найдено будетъ средство, при маломъ вѣсѣ механизма, соединить огромную силу (*); а до тѣхъ поръ воздухоплаваніе будетъ находиться въ такомъ же положеніи, какъ оно было 90 лѣтъ тому назадъ, во время его изобрѣтенія. Первый военный аэростатъ въ Россіи былъ построенъ въ 1870 году и опыты

(*) При скорости вѣтра 10 футовъ въ 1", давленіе на поверхность шара будетъ около 8 пудовъ, слѣдовательно, чтобы какимъ нибудь механизмомъ привести отклоненный шаръ въ прежнее вертикальное положеніе, надо произвести работу въ 3,200 фунто-футовъ въ 1" или 5, 3 лошадиныхъ силъ. Полагая вѣсъ каждой паровой силы около $\frac{1}{4}$ тонны ($15\frac{1}{2}$ худ.), вѣсъ всего механизма будетъ равенъ 75 пудамъ; откуда слѣдуетъ невозможность употребленія паровыхъ машинъ съ цѣлю увеличить устойчивость шара.

надъ нимъ были произведены лѣтомъ и осенью того же года. Прилагая къ нему всё вышеизложенныя соображенія относительно условій необходимыхъ для устойчивости аэростатовъ, можно было бы желать нижеслѣдующихъ улучшеній въ немъ, и вообще при устройствѣ будущихъ аэростатовъ:

- 1) Оболочку сдѣлать двойною и негоряемую.
- 2) Канатъ сдѣлать одинъ, безъ телеграфнаго провода.
- 3) Воротъ устроить такъ, чтобы опусканіе шара могло быть произведено въ десять минутъ.
- 4) Внизу устроить предохранительный клапанъ.
- 5) Увеличить силу пружины выпускаго верхняго клапана и уменьшить размѣръ его.
- 6) Сѣтку сдѣлать, вшитенную въ матерію.
- 7) Придѣлать къ канату динамометръ.
- 8) Балластъ употреблять подвижной.
- 9) Составить систему сигналовъ.
- 10) Увеличить въ лодкѣ число веревокъ и передѣлать главный крючекъ, за который прицѣплена лодка.
- 11) Крѣпость оболочки испытать вновь точнымъ образомъ.

Считаемо безполезнымъ приложить здѣсь библиографическій указатель книгъ и статей, относящихся къ воздухоплаванію (*), хотя этотъ указатель не могъ быть полонъ по трудности отыскиванія матеріаловъ, разбросанныхъ преимущественно по разнымъ журналамъ.

А) русскіе источники.

- 1) Воздухоплаваніе. Собесѣдникъ 1859 года № 1 и 2.
- 2) Воздушное путешествіе профессора Уайза. Сынъ Отечества 1858 г. № 33.
- * 3) Аэростаты и возможность ихъ приженія къ практическимъ дѣлямъ. Вѣстникъ естественныхъ наукъ 1859 г. № 9.
- 4) Новый аэростатъ. Морской Сборникъ 1859 г. № 11.
- 5) Перелетъ на шарѣ изъ С.-Петербурга къ Бронштадту. Русскій Вѣстникъ 1859 г. № 14.
- 6) Новозобрѣтенный воздушный корабль. Киевскій Телеграфъ 1859 г. № 22.
- 7) Чудовищный аэростатъ въ Америкѣ. Московскія Вѣдомости 1859 г. № 236.
- 8) Летательные снаряды въ будущемъ. Сынъ Отечества 1860 года № 47.
- 9) Воздушный шаръ Лове. Морской Сборникъ 1860 г. № 11.
- 10) Воздухоплаваніе. Подсѣжаникъ 1861 г. №№ 1, 2 и 3.
- 11) Проектъ акціонерной компаніи для воздухоплаванія. Биржевыя Вѣдомости 1861 г. № 181.
- * 12) Воздухоплаваніе Глешера. Современная Лѣтопись 1862 г. № 38.
- 13) Атмосферный воздухъ. Артилерійскій Журналъ 1862 г. № 9.
- 14) Воздухоплаваніе. Статья А. Эвальда. Голосъ 1863 г. № 266 и 226.
- 15) Воздушный полетъ Надара. Московскія Вѣдомости 1863 г. № 227.

*) Наибольше замѣчательныя сочиненія означены знакомъ *.

- * 16) Возможно ли для человека произвольное лѣтаніе по воздуху. Сѣверная Пчела 1863 г. № 331.
- * 17) Современное состояніе вопроса о воздухоплаваніи. Якорь 1864 г. № 39 и 40.
- 18) Записки великана. Современная Лѣтопись № 30, 31, 34 и 35.
- 19) Воздушное путешествіе Надара. Иллюстрированная Газета, 1864 г. № 2.
- 20) Воздушные шары. Воскресный Досугъ 1864 г. № 91.
- 21) Замѣтка о воздухоплаваніи. Артилерійскій Журналъ 1894 г. № 4.
- 22) Внѣтовое воздухоплаваніе. Московскія Вѣдомости 1864 г. № 62.
- 23) Аэростаты. Кіевскій Телеграфъ 1863 г. № 23.
- 24) О лѣтаніи по воздуху. Библиографическій Листокъ 1864 г. № 3.
- 25) Избранныя статьи изъ записокъ Араго, изданныя по редакціи Хотинскаго 1855 г. т. I.
- 26) Аэроскафъ. Иллюстрированная Газета 1865 г. № 9.
- * 27) Воздушный корабль. Н. Соковнина 1866 г. 57 стр.
- * 28) Воздухоплаваніе. Виленскій Вѣстникъ 1866 г. №№ 118, 122, 136, 158, 166, 178, 183, 185, 214 и 215.
- 29) Пять недѣль на аэростатѣ соч. Верна 1870 г.
- 30) Новый способъ воздухоплаванія. Пчелка 1863 г.
- 31) Объ аэростатѣ или вѣтролетѣ въ примѣненіи къ общественному быту 1856 г.
- 32) Краткая исторія воздухоплаванія и свидѣнія объ устройствѣ воздушныхъ шаровъ 1848 г. 81 стр. in. 16°.
- * 33) Воздухоплаваніе. Константинова. 1856 г. in 8° 101 стран.; изъ Морскаго Сборника 1856 г. № 8.
- 34) Искусство плавать по воздуху. Ребенштейна in 16° 50 стр.
- 35) Воздухоплаваніе въ примѣненіи къ военному дѣлу. Военный Сборникъ 1869 г. № 5.
- 36) О примѣненіи аэростатовъ къ военнымъ дѣламъ. Военный Сборникъ 1869 г. № 9.
- 37) Употребленіе аэростатовъ для военныхъ рекогносцировокъ. Инженерный Журналъ 1866 г. № 1.
- 38) Замѣтка о возможности употребленія военныхъ аэростатовъ въ вѣрностной войнѣ. Инженерный Журналъ 1868 г.
- 39) Извлеченіе изъ англійскихъ журналовъ объ употребленіи аэростатовъ. Инженерный Журналъ 1864 года № 4.
- 40) О летучей рыбѣ Верта. Иллюстрація 1860 г. № 105.
- 41) Замѣтки объ аэростатѣ и воздухоплаваніи. Берга.
- 42) Паровой аэростатъ. Инженерный Журналъ 1867 г. № 5.
- 43) Воздухоплавательный аппаратъ Самоходкаго. С.-Петербургскія Вѣдомости 1865 г. № 48.
- 44) Опытъ военныхъ рекогносцировокъ съ воздушнаго шара. Русскій Инвалидъ 1870 г. № 157.
- 45) Походное передвиженіе военнаго аэростата. Русскій Инвалидъ 1870 г. № 171.
- 46) Новый паровой воздухоплавательный снарядъ Кауемана. Артилерійскій Журналъ 1870 г. № 7.
- 47) Воздухоплаваніе. Естествознаніе. С.-Петербургскія Вѣд. 1868 г. № 333.
- 48) Воздухоплаваніе. Иллюстр. Газета 1867 г. № 10.
- 49) Плаваніе на воздушн. шарѣ. С.-Петерб. Вѣд. 1868 г. № № 130 и 137.
- 50) Къ вопросу о воздухоплаваніи. С.-Петерб. Вѣд. 1868 г. № 29.
- * 51) Аэростаты и возможность управленія ими. Иллюстр. Газет. 1868 г. №№ 19 и 20.

В) Французские.

- 1) Navigation aérienne par Arthur Mangin.
- * 2) Navigation aérienne. Cours de M. Barral (Revue des cours scientifiques 1864 r. № 10.
- 3) De la navigation aérienne par les aérostats. Charvin.
- 4) Solution du problème de la navigation dans l'air par L. David.
- 5) Navigation aérienne par A. Fresnes.
- 6) Solution pratique de la navigation aérienne.
- * 7) Cours de la navigation aérienne par Labinet. Constitutionnel 1863, Septembre, № 26.
- 8) Propagateur illustré 1863. Novembre. Tillier.
- * 9) La Presse scientifique 1861 16 Juin; par Landur.
- * 10) De la locomotion mécanique dans l'air et dans l'eau. Lambert.
- 11) Projet d'établissement d'une système de locomotion aérienne au moyen des ballons captifs remorqués par la vapeur. Seguin.
- * 12) Leron. La fluide de la lumière comme le gaz au calculs stoechiométriques et aux lois aérostatiques.
- * 13) Nouveau manuel complet d'aérostation par Dupuis-Delcourt 1850 in 320—292 p.
- 14) L'Univers Illustré 1858. 25 Septembre.
- 15) La navigations atmosphérique par E. Farcot 1859 in 160—104 p.
- * 16) Etudes sur l'aérostation. Marey Monge 1847 p. 351 in 80.
- * 17) Aviation ou navigation aérienne sans ballons, par. G. de la Landelle 1863 in 80—366 p.
- 18) Application à l'art de la guerre des aérostats et de la télégraphie par Herbelot.
- 19) Quand nous voyagerons dans l'air? Annuaire Mathieu de la Drome 1868.
- * 20) Aérostation militaire par Wovermans „Journal de l'armée belge“ 1869 tome XXXIV.
- * 21) Essai sur l'aérostation militaire. „Spectateur militaire“ 1869 T. 18. Novembre et Décembre.
- 22) Les ballons, par F Marion 1867 in 80. 326 pages.
- * 23) La science en ballon par de Fonvielle 1869 in 160 141 pages.
- 24) La Conquête de l'air par belice. Par Ponton d'Amecourt 1864 an.
- 25) Voyages aeriens par Glaicher, Flammarion, Fonvielle et Tissandier 1870 in 80 606 pag.
- 26) L'air et le monde aérien. Mangin 1864 an.
- 27) Histoire de la locomotion aérienne par I. Turgan.
- 28) L'aeronef; appareil de sauvetage. Lalandelle 1861.
- 29) Vogages au dessus de l'Atlantique. Magasin pittoresque 1863.
- 30) Revue de deux mondes 1861; 15 juillet.
- 31) La Patrie 1861. 23 juin. Liats.
- 32) L' Ami des sciences 1860; 19 Avril au 19 Août.
- 33) Comptes rendus de l'Académie des sciences t. XXVI.
- 34) Llerxy. De la navigation aérienne. Revue de deux mondes 1863; 15 Novembre.
- 35) Temps du 28 Novembre 1863 s. Foncou.
- * 36) Haillot. De l'Aérostation militaire; De son passé, de son présent et de son avenir.
- 37) L'aéronaute. Moniteur de la société générale d'aérostation et d'automatation aérienne p. Nadar.

С.) нѣмецкіе.

- * 1) Die Lösung des aeronautischen Problems von Joseph Livtchak. 1869 in 4° 35.
- 2) Die Luftbahn auf den Rigi. Von Albrecht 1859 in 8° 38.
- 3) Illustrierte Zeitung 1863 № № 1064 и 1062.
- * 4) Ueber die Möglichkeit der Benutzung des Luftballons zu Rekognoscirungen im Festungskriege. Archiv für die Offiziere der K. pr. Artillerie 1868 № 1.
- 5) Magazin für die Literatur des Auslandes 1867 № 11.

Д.) англійскіе

- 1) Professional papers of the corps of royal Enguiners. Vol XXII 1863 № X, XI и XII.
- * a) On the use of balloons in military operations.
- * b) On reconnotiring balloons.
- * c) On balloon Reconnaissances as practised by the American Army.
- 2) The Illustr. London News 1858 № 941; 1864 № 1271; 1863 № 1220 и 1865 № 1338.
- 3) Thonghts on the further improvement of aerostation 1787.

Л. Л-о.