АЭРОСТАТЪ

МЕТАЛЛИЧЕСКІЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ.

К. Ціолковскій.

Авторъ работы: „Давленіе жидкости на равномѣрно движущуюся въ ней плоскость", — помѣщенной въ IV томѣ Трудовъ Отдѣленія Физическихъ наукъ Императорскаго Общества Любителей Естествознанія за 1891 г.

Изданіе С. Е. Черткова.

МОСКВА.
Типографія И. Г. Волчанинова, Б. Чернышевскій переулокъ, домъ Пустошкина, *противъ Англійской церкви.*
1892.

39.59
Ц 662
63 Ср.
4139

АЭРОСТАТЪ

МЕТАЛЛИЧЕСКІЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ.

К. Ціолковскій.

Авторъ работы: „Давленіе жидкости на равномѣрно движущуюся въ ней плоскость", — помѣщенной въ IV томѣ Трудовъ Отдѣленія Физическихъ наукъ Императорскаго Общества Любителей Естествознанія за 1891 г.

Изданіе С. Е. Черткова.

Центральная Военно-Инженерная Библиотека Императорской Академіи Наукъ
680892
Цѣна 50 коп.
РЯЗАНСКАЯ ОБЛАСТНАЯ БИБЛИОТЕКА им. А. М. Горького

МОСКВА.
Типографія М. Г. Волчанинова, Б. Чернышевскій переулокъ, домъ Пустошкина, *противъ Англійской церкви.*
1892.

85,4

Дозволено цензурою. Москва, 19 февраля 1892 г.

ОТЪ АВТОРА.

Въ виду матеріальной невозможности выпустить мой трудъ полностью, ограничиваюсь пока малымъ: я выбралъ изъ моихъ работъ по воздухоплаванію только важнѣйшее, изложивъ его по возможности общедоступно и оставивъ нетронутыми многіе вопросы, какъ-то: объ точной формѣ поперечнаго сѣченія аэростата, о способѣ прикрѣпленія цѣпей, поддерживающихъ ладью, объ устройствѣ этой послѣдней, о массивныхъ частяхъ оболочки аэростата, способствующихъ ея вящщей цѣлости, о регуляторахъ аэростата и предохранительныхъ его клапанахъ, объ рулѣ, винтѣ, распредѣленіи двигателей, грузовъ и пассажировъ, о приборахъ показывающихъ направленіе движенія аэростата, днемъ и ночью, не смотря ни на какой вѣтеръ, объ устойчивой горизонтальности продольной оси воздушнаго корабля и проч. и проч.

Но сколько бы я ни трудился надъ всѣми этими вопросами, работы всегда останется достаточно—даже и послѣ практическаго осу-

ществленія дѣла воздухоплаванія, ибо всякое дѣло требуетъ усовершенствованія; поэтому *покорнѣйше прошу всѣхъ, интересующихся аэростатомъ и его будущностью, внимательно разобрать мою книжку и помочь мнѣ въ моихъ трудахъ.*

Не дѣлаю ссылокъ на данныя, встрѣчающіяся въ моей работѣ, какъ вслѣдствіе общеизвѣстности и неоспоримости ихъ, такъ и потому, что эти ссылки увеличили бы объемъ книги. *Адресъ: Боровскъ, Калужской губ., Константину Эдуардовичу Ціолковскому.* Книгу можно достать и у меня; цѣна ея съ пересылкой — 56 коп.

Сумма, которая можетъ быть собрана отъ продажи изданія, пойдетъ на опыты по воздухоплаванію и на отпечатаніе труда въ болѣе полномъ видѣ.

Такъ какъ я часто буду ссылаться на образцы листовыхъ металловъ, которые я не могъ приложить къ каждой книжкѣ, то въ примѣръ *перваго образца* привожу *жесть, изъ которой выбиваются крышки для небольшихъ коробочекъ съ ваксой,* имѣющейся въ каждомъ домѣ, — или латунь почти такой же толщины, — а въ примѣръ *втораго* — привожу бѣлую жесть, изъ которой выдѣлываются лампы, кружки и проч.

I.

Кое что изъ теоріи металлическаго управляемаго аэростата.

Работая много лѣтъ надъ теоріею воздушнаго корабля и убѣдившись въ возможности построенія *управляемаго металлическаго* аэростата, я возъимѣлъ намѣреніе извлечь изъ моихъ трудовъ важнѣйшее относительно этого вопроса.

Сначала докажу возможность построенія *на плоскости* металлическаго мѣшка, или газовмѣстилища аэростата, имѣющаго при раздутіи форму поверхности вращенія, удлиненной въ направленіи оси вращенія, и могущаго измѣнять эту форму между извѣстными предѣлами и даже обратно складываться въ плоскость безъ вреда для своей цѣлости.

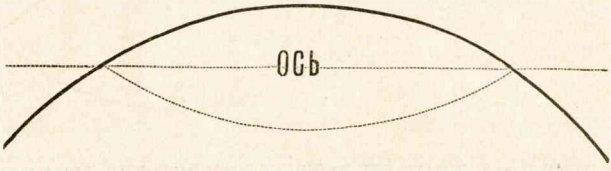
Этотъ металлич. мѣшокъ въ раздутомъ и, преимущественно, въ сложенномъ видѣ покрытъ множествомъ поперечныхъ дугообразныхъ складокъ, весьма мелкихъ и разсчитанныхъ такъ, чтобы не давать трещинъ при измѣненіи его формы и объема сообразно обстоятельствамъ.

Вотъ какъ я дошелъ до этой мысли.

Представимъ себѣ, что аэростатъ сперва имѣетъ видъ поверхности, полученной отъ вращенія (черт.

№ 1) какой нибудь плавной кривой вокругъ ея хорды.

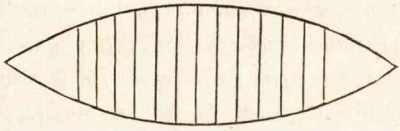
Чер. 1.



Преобразуемъ теперь эту поверхность такъ, чтобы она получила вышеупомянутыя свойства.

Для этого разрѣжемъ ее на множество частей, посредствомъ плоскостей, перпендикулярныхъ къ ея продольной оси (черт. № 2). Каждую часть, безъ

Чер. 2.

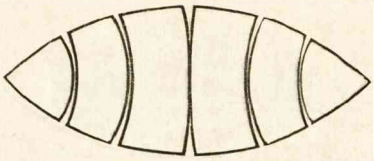


большой погрѣшности, можемъ принять за боковую поверхность усѣченнаго конуса, только концы аэростата примемъ за боковыя поверхности полныхъ конусовъ.

Коническія поверхности имѣютъ свойство складываться въ плоскость, не давая складокъ. Сложимъ всѣ конусы на одну плоскость въ томъ же порядкѣ, въ какомъ они находились ранѣе, и постараемся ихъ приложить другъ къ другу такъ, чтобы между сосѣдними конусами не было промежутковъ, и чтобы поверхность одного конуса не закрывала поверх-

ностисосѣдняго. Мы этого никогда не достигнемъ (чер. № 3). По средней линіи рисунка сложенныя коническія поверхности имѣютъ соприкосновеніе, но чѣмъ ближе къ краямъ фигуры, тѣмъ онѣ болѣе расходятся; понятно, что поверхности, изображенныя тутъ, двойныя.

Чер. 3.



Если бы края промежутковъ послѣдняго чертежа были параллельны, то ихъ можно бы было сблизить и соединить.

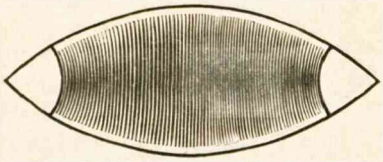
Положимъ, что полосы (черт. № 3) весьма узки, причемъ будутъ, конечно, узки и промежутки между ними. Изогнемъ каждую полосу горбомъ или желобкомъ. По средней линіи рисунка пусть желобки будутъ глубже или горбы—круче, а чѣмъ дальше отъ средней линіи, тѣмъ мельче или ниже. Тогда среднія части полосъ сократятся поперекъ, и края промежутковъ будутъ параллельны. Послѣ этого мы имѣемъ возможность ихъ сблизить и соединить. Конечные конусы (№ 3) остаются безъ измѣненія.

Итакъ, аэростатъ сначала былъ разрѣзанъ на узкія части, затѣмъ части эти сложили на плоскость и придали имъ желобчатый видъ и, наконецъ, соединили тѣ самые края, или тѣ самыя точки поверхности аэростата, которыя были въ соединеніи и раньше.

Въ результатѣ—какъ бы сложенный, искусно и безъ разрыва, на плоскость аэростатъ (черт. № 4),

покрытый поперечными дугообразными морщинами, высота которыхъ тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе онѣ расположены къ средней линіи сложеннаго металлич. мѣшка; только края послѣдняго да полные конусы совершенно гладки. При раздуваніи аэростата эти морщины болѣе или менѣе сглаживаются, т. е. высота ихъ уменьшается.

Чер. 4.



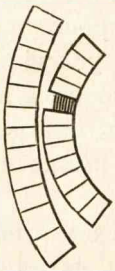
Если мы допустимъ, что складки, или волны аэростата достаточно мелки, самый аэростатъ достаточно великъ и сдѣланъ изъ матеріала довольно тонкаго и упругаго, то полученный нами металлич. мѣшокъ будетъ обладать тѣми свойствами, о которыхъ я говорилъ въ самомъ началѣ этой статьи. Къ этимъ свойствамъ слѣдуетъ еще прибавить, что волнообразная поверхность аэростата придаетъ ему особую упругость, вслѣдствіе которой аэростатъ, не смотря на значительныя измѣненія его формы и объема, «пружинитъ», не давая неправильныхъ и неожиданныхъ складокъ и имѣя вполнѣ достаточное сопротивленіе силамъ, стремящимся его разрушить.

Хотя вышеприведенное представленіе объ устройствѣ складывающагося металлич. аэростата и очень полезно для уясненія себѣ его способности измѣнять форму, сообразно дѣйствующимъ на него силамъ, но на практикѣ аэростатъ придется строить изъ листовъ и потому предложу другой способъ построенія его на плоскости.

Возьмемъ двѣ сосѣднихъ коническихъ поверхности въ сложенномъ видѣ и разрѣжемъ ихъ на ли-

сты такъ (черт. № 5): если пропустить каждый листъ черезъ зубчатые валы, т. е. черезъ цилиндры, покрытые волнами, гребни которыхъ параллельны осямъ цилиндровъ (черт. № 6), то длина листовъ сократится.

Чер. 5.



Чер. 6.

Употребляя валы съ нарѣзками разной глубины или съ волнами разной высоты, также отодвигая валы другъ отъ друга на нѣкоторое небольшое разстояніе, мы можемъ сокращать листы на разную величину, не измѣняя числа волнъ на каждомъ листѣ постоянной величины.

Можно и такъ ихъ сократить, что, размѣстивши ихъ на прежнія мѣста (черт. № 5), края промежутковъ будутъ параллельны; для этого, конечно, листамъ придаютъ волны, параллельныя направленію полосы, и тѣмъ болѣе крутыя, чѣмъ ближе онѣ расположены къ срединной линіи сложеннаго на плоскость аэростата.

Тогда остается сблизить и соединить всѣ тѣ точки аэростата, которыя были въ соединеніи и раньше.

Понятно, онъ будетъ имѣть совершенно тотъ же видъ (черт. № 4), какой мы описали при другомъ способѣ образованія складывающагося металлич. мѣшка.

Можно придавать волнистость не всѣмъ кольцамъ (или полосамъ) подъ рядъ, а черезъ одно, что удобно въ отношеніи прикрѣпленія цѣпей, придеживающихъ ладью и другія части воздушкаго корабля.

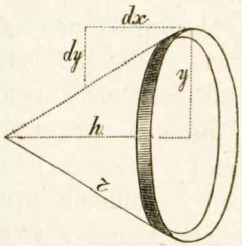
II.

Чтобы на самомъ дѣлѣ построить металлическое газовмѣстилище аэростата на плоскости, необходимо узнать точныя условія этого построенія на основаніи геометрическихъ свойствъ его формы и физическихъ свойствъ матеріаловъ, изъ которыхъ оно сдѣлано, для чего нужно произвести нѣкоторыя вычисленія.

Сначала произведемъ чисто геометрическія вычисленія, а затѣмъ и механическія; именно узнаемъ прежде радіусы и углы конусовъ, изъ которыхъ газовмѣстилище состоитъ, и промежутки между сосѣдними кольцами (черт. № 3); зная эти промежутки, нетрудно уже опредѣлить и величину необходимаго сокращенія каждаго листа, при условіи сойтись имъ въ одну плоскость и другъ съ другомъ ради составленія мѣшка, со всѣхъ сторонъ закрытаго.

Положимъ, что уравненіе кривой (черт. № 1), образующей своимъ вращеніемъ вокругъ хорды поверхность аэростата, будетъ: № 1... $y = F(x)$, причемъ хорда взята за ось абсциссъ, а середина ея за начало прямоугольныхъ координатъ. Тогда изъ черт. № 7, гдѣ изображенъ одинъ изъ усѣченныхъ конусовъ въ натуральномъ, т. е. не сложенномъ видѣ и гдѣ (r) есть касательная къ кривой (№ 1), или полная образующая конуса, (h)—высота его, а (y)—радіусъ основанія,—найдемъ:

Чер. 7.



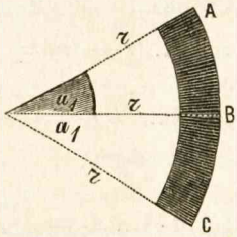
№ 2... $\frac{dy}{dx} = \frac{y}{h}$ и № 3... $r^2 = h^2 + y^2$,

откуда:

$$№ 4 \ldots r = y \left\{ 1 + \left(\frac{dx}{dy} \right)^2 \right\}^{+\frac{1}{2}}$$

Мы опредѣлили образующую (r) полнаго конуса, или радіусъ сложеннаго вдвое усѣченнаго конуса, имѣющаго видъ части кольца (черт. № 8). По этому чертежу мы получимъ длину дуги (AB):

Чер. 8.



$$№ 5 \ldots AB = \frac{2\pi y}{4} = \frac{\pi y}{2};$$

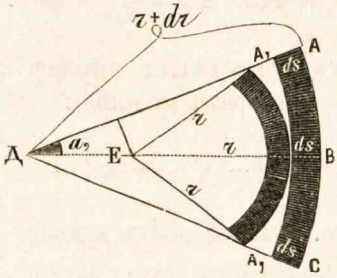
Слѣдовательно, обозначая 360° черезъ (2π), имѣемъ слѣдующее выраженіе для угла (a_1), сотвѣтствующаго дугѣ (AB):

$№ 6 \ldots a_1 = AB : r = \frac{\pi y}{2r}$. На основаніи же послѣдняго уравн. и уравнен. № 4, выведемъ:

$$№ 7 \ldots a_1 = \frac{\pi}{2} \left\{ 1 + \left(\frac{dx}{dy} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}}.$$

Узнаемъ теперь величину крайняго промежутка (т. е. наибольшаго для данной пары сложенныхъ колецъ) между двумя сложенными на плоскость конусами (черт. № 9), которую означимъ черезъ (A_1).

Чер. 9.



Разсматривая внимательно черт. № 9, гдѣ (r) есть внѣшній ра-

діусъ одного кольца, а $(r+dr)$ — внѣшній радіусъ сосѣдняго и гдѣ (ds) есть ширина кольца, которая равна

$$№ 8 \ldots ds = \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \right\}^{+\frac{1}{2}} dx,$$

составимъ слѣдующее уравненіе:

$$№ 9 \ldots (r+dr) = DE.\ cos\ (a_1) + r + A_1 + ds;$$

но

$$№ 10 \ldots DE = (r+dr) - r - ds = dr - ds,$$

Стало быть:

$$№ 11 \ldots A_1 = \left\{\frac{dr}{dx} - \frac{ds}{dx}\right\} . \left\{1 - cos\ (a_1)\right\} . dx.$$

Здѣсь уголъ (a_1) узнается по формулѣ № 7; но уголъ можетъ быть и меньше (a_1), и тогда получимъ не наибольшій промежутокъ (A_1), находящійся у края сложеннаго кольца, а другіе — меньшіе (A) и ближайшіе къ средней точкѣ B (черт. № 9); поэтому формулу № 11 можно принимать и вообще; итакъ, получимъ:

$$№ 12 \ldots A = \left\{\frac{dr}{dx} - \frac{ds}{dx}\right\} . \left\{1 - cos\ (a)\right\} . dx;$$

тутъ уголъ (a) не вполнѣ произволенъ, но долженъ удовлетворять условію:

$$№ 13 \ldots a <= \frac{\pi}{2} \left\{ 1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}},$$

т. е. долженъ быть меньше (a_1) (№ 7).

Зная (A_1) и (A), легко видѣть, что сокращеніе отдѣльнаго листа, составляющаго элементъ кольца

(также какъ и это послѣднее составляетъ элементъ аэростата), равно—№ 14... Сокр. $= A_1 - A$, т. е. оно равно наибольшему промежутку данной пары колецъ безъ того промежутка, который соотвѣтствуетъ положенію даннаго листа.

Если извѣстно уравненіе образующей (черт. № 1 и уравн. № 1) *поверхность газовмѣстилища, то, кака ни будь сложна его форма, безъ малѣйшихъ затрудненій, по вышеприведеннымъ уравненіямъ, можемъ узнать радіусы (r) колецъ (ур. № 4), длину ихъ (№ 5), ихъ углы (ур. № 7), промежутки (A) и (A_1) (№ 12 и № 11) и сокращеніе (№ 14) каждаго листа, представляющаго элементъ аэростата втораго порядка.*

Получимъ вообще формулы довольно сложныя, такъ что изъ нихъ нельзя себѣ составить простаго понятія о законѣ промежутковъ (*A*) и, слѣдовательно, о сокращеніи листовъ.

Но эти самыя формулы можно иногда упростить, и хотя такія упрощенныя формулы и не будутъ настолько точны, чтобы служить для построенія аэростата, тѣмъ не менѣе, для построенія его модели и для предварительныхъ соображеній и вычисленій онѣ вполнѣ пригодны.

Не приводя здѣсь сложной процедуры этого упрощенія довольно тяжеловѣсныхъ формулъ, укажу только на простѣйшіе законы и выводы изъ нихъ.

Изъ уравн. № 12 мы видимъ, что, для одного и того же кольца, или для постоянной величины абсциссы (x), промежутокъ (*A*) пропорціоналенъ $[1 - \cos(a)]$; но приблизительно,

№ 15... $[1 - cos(a)] = \frac{a^2}{2}$, т. е. промежутокъ, независимо отъ формы образующей (черт. № 1), или вида уравненія (№ 1), пропорціоналенъ квадрату угла (a) или разстоянію по дугѣ AB отъ средней точки B (черт. № 9).

Если № 16... $y = y_1\left(1 - \frac{x^2}{x_1^2}\right)$, т. е. если аэростатъ образуется вращеніемъ дуги пораболы вокругъ ея хорды $(2x_1)$, перпендикулярной къ оси пароболы, то получимъ такое приблизительное выраженіе для величины крайняго промежутка (A_1):

$$№\ 17...\ A_1 = \frac{\pi^2 . y_1^2}{4\ x_1^2} . \left\{1 - \frac{x^2}{x_1^2}\right\} . dx = \frac{\pi^2}{4} . \frac{y_1^2}{x_1^2} . \frac{y}{y_1} . dx;$$

здѣсь, также какъ и въ предыдущемъ уравненіи, $(2x_1)$ есть длина аэростата, а $(2y_1)$ наибольшая высота его, или наибольшій поперечникъ. Чѣмъ удлиненнѣе аэростатъ, тѣмъ послѣдняя формула точнѣе. Изъ нея видно, что, для одного и того же аэростата, крайній промежутокъ (A_1) пропорціоналенъ $(2y)$, т. е. поперечному діаметру аэростата въ разсматриваемомъ мѣстѣ, предполагая постояннымъ (dx) или (ds), что, приблизительно, одно и то-же.

Итакъ, чѣмъ ближе къ концу аэростата, тѣмъ промежутки между кольцами мельче. На этомъ основаніи складками на концахъ аэростата пренебрегаютъ и дѣлаютъ ихъ изъ сплошныхъ и гладкихъ коническихъ поверхностей.

Изъ той же формулы (№ 17) видно, что крайній промежутокъ (A_1) для одного и того же, относи-

тельно положенія кольца $\left(\frac{x}{x_1}\right)$ и для постоянной ширины его (dx), но для разныхъ аэростатовъ, обратно пропорціоналенъ квадрату продолговатости $\left(\frac{x_1}{y_1}\right)$ даннаго аэрострата. Такъ, увеличивая продолговатость аэростата втрое, мы тѣмъ уменьшаемъ промежутки (A и A_1), а, слѣдовательно, и сокращеніе листовъ въ 9 разъ (3^2). Къ сожалѣнію есть причины, препятствующія построенію аэростатовъ очень удлиненныхъ и уменьшенію волнъ почти до нуля.

Формула № 17 даетъ намъ также наибольшее относительное сокращеніе $\left(\frac{A_1}{dx}\right)$ листа, именно:

$$№\ 18\ldots\ \frac{A_1}{dx}=\frac{\pi^2}{4}\cdot\frac{y_1^2}{x_1^2}\left\{1-\frac{x^2}{x_1^2}\right\}=\frac{\pi^2}{4}\cdot\frac{y_1^2}{x_1^2}\cdot\frac{y}{y_1}$$

Полагая въ этомъ уравненіи $\frac{x_1}{y_1}=7$, а $\left(\frac{x}{x_1}\right)$ последовательно: 0, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$ и 1, вычислимъ соотвѣтствующія величины для $\left(\frac{A_1}{dx}\right)$, именно: $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{26}$, $\frac{1}{46}$, $\frac{1}{85}$ и 0. Изъ этого слѣдуетъ, что относительное сокращеніе листовъ довольно мало.

Когда аэростатъ имѣетъ форму элипсоида вращенія, то $y=F\ (x)=y_1\sqrt{1-\frac{x^2}{x_1^2}}\ldots$ № 18_1 и

№ 19... $\frac{A_1}{dx} = \frac{\pi^2}{8} \cdot \frac{y_1^2}{x_1^2} : \left(1 - \frac{x^2}{x_1^2}\right) = \frac{\pi^2}{8} \cdot \frac{y_1^2}{x_1^2} \cdot \frac{y_1^2}{y^2}$.

Полагая тутъ продолговатость, или $\frac{x_1}{y_1} = 7$, а $\left(\frac{x}{x_1}\right)$ послѣдовательно: 0, $\frac{1}{5}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$ и $\frac{4}{5}$, найдемъ соотвѣтственныя величины для $\left(\frac{A_1}{dx}\right)$: $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{38}$, $\frac{1}{34}$, $\frac{1}{26}$ и $\frac{1}{14}$.

Выраженіе № 19, по которому сдѣлано это вычисленіе, не очень ошибочно, когда (x) не болѣе $\left(\frac{4}{5}x_1\right)$, причемъ ошибка не болѣе $\frac{1}{20}$ опредѣляемой величины.

Большая разница между двумя послѣдними уравненіями (№ 18 и № 19), опредѣляющими сокращеніе листовъ для двухъ формъ аэростата: для параболическаго газовмѣстилища, болѣе остраго, сокращеніе листовъ уменьшается къ его концамъ пропорціонально уменьшенію его поперечнаго діаметра $\left(\frac{y}{y_1}\right)$, а для элипсовиднаго—сокращеніе, наоборотъ, увеличивается къ концамъ пропорціонально квадрату уменьшенія даннаго поперечнаго діаметра $\left(\frac{y_1^2}{y^2}\right)$; за то для элипсоида вращенія сокращеніе листовъ, расположенныхъ въ наиболѣе широкой его части, вдвое меньше $\left(\frac{1}{40}\right)$, чѣмъ въ такой же части

у параболическаго мѣшка $\left(\frac{1}{20}\right)$.

Что же касается до уменьшенія промежутковъ въ зависимости отъ продолговатости $\left(\frac{x_1}{y_1}\right)$ аэростата, то законъ тутъ для обѣихъ формъ одинъ.

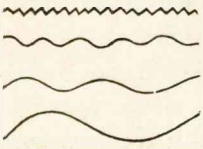
III.

Перейдемъ теперь къ механической части рѣшенія вопроса о построеніи металлической оболочки аэростата.

Изъ предыдущаго мы видимъ, что все дѣло состоитъ въ томъ, чтобы каждый листъ сократить на извѣстную величину $(A_1 - A)$, придавая ему волнистую поверхность посредствомъ прибора (черт. № 6). Тогда листы, расположенные въ надлежащемъ порядкѣ, другъ возлѣ друга, вплотную и безъ малѣйшихъ промежутковъ, и сложенные между собою, образуютъ плоскій мѣшокъ, который при раздутіи даетъ форму, легко разсѣкающую воздухъ (форму рыбы или веретена), безъ неправильныхъ и непредвидѣнныхъ складокъ, опасныхъ для цѣлости мѣшка.

Но сократить листъ на опредѣленную величину можно и посредствомъ мелкихъ и посредствомъ крупныхъ складокъ, или волнъ (черт. № 10). Спрашивается—какіе же размѣры должно придавать волнамъ?

Черт. № 10.



Необходимо, чтобы волны, которыхъ гребни идутъ по окружности поперечнаго сѣченія аэростата, при переходѣ его изъ плоскаго вида въ

округленный, раздутый, свободно изгибались, не ломаясь и не давая трещинъ и неправильныхъ изгибовъ.

Это условіе требуетъ волнъ по возможности мелкихъ; но очень мелкія волны опять не годятся и вотъ почему: при раздуваніи аэростата и при распрямленіи волнъ, или уменьшеніи высоты (h) ихъ, онѣ не только не должны давать трещинъ, но и должны быть настолько упруги, чтобы, при обратномъ складываніи аэростата въ плоскость, или при уменьшеніи его объема, могли принять прежній волнистый видъ, сократившись, благодаря упругости, на прежнюю величину.

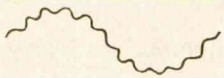
Это второе условіе требуетъ не только упругости матеріала (металлы въ отпущенномъ, или мягкомъ состояніи негодятся), но и волнъ по возможности большихъ.

Итакъ, опредѣлимъ наибольшіе размѣры волнъ, пока только съ точки зрѣнія безопаснаго поперечнаго изгибанія поверхности аэростата.

Чтобы изгибаніе волнистой поверхности по окружности поперечнаго сѣченія аэростата можно было разсматривать, какъ массивную пластинку толщиною въ ($2h$), необходимо, если размѣръ волны великъ въ сравненіи съ толщиною жести, изъ которой она выгнута, — на волнахъ обыкновенныхъ, выбить волны болѣе мелкія, или волны втораго порядка, а на этихъ послѣднихъ — еще болѣе мелкія волны, или волны третьяго порядка и такъ далѣе. Надѣюсь, что въ практикѣ построенія аэростатовъ дѣло ограничится обыкновенными, или волнами пер-

ваго порядка, и, самое большое, если потребуется наведеніе волнъ втораго порядка (черт. № 11), что

Черт. № 11.



можетъ сдѣлать аппаратъ, подобный изображенному на чертежѣ № 6. Положимъ, что массивная поверхность толщиною въ $(2h)$ изогнулась по окружности длиною въ (C); тогда выпуклая сторона полученнаго цилиндра должна растянуться на величину (dC), а вогнутая настолько-же сократиться; очевидно, отношеніе $\left(\frac{dC}{C}\right)$ не должно превышать отношеніе $\left(\frac{F}{M}\right)$, гдѣ (F) есть предѣльная сила, при которой матеріалъ теряетъ упругость (т. е., по прекращеніи дѣйствія силъ, не принимаетъ прежняго вида) и склоненъ къ разрушенію, а (M)—модуль, или коеффиціентъ упругости, такъ что отношеніе $\frac{F}{M}$ выражаетъ предѣльное растяженіе единицы длины вещества. Итакъ,

№ 20... $\frac{dC}{C} <= \frac{F}{M}$, но тутъ

№ 21... $C = 2\pi . y$, слѣдовательно, дифференцируя, найдемъ:

№ 22... $dC = 2\pi . dy$ и потому:

№ 23... $\frac{dC}{C} = \frac{dy}{y} <= \frac{F}{M}$, откуда, замѣчая, что $dy = h$, получимъ: № 24... $h <= y . \frac{F}{M}$. Понятно, что (y), а слѣдовательно и (h), даже для одного аэ-

РЯЗАНСКАЯ
ОБЛАСТНАЯ БИБЛИОТЕКА
им. А. М. Горького

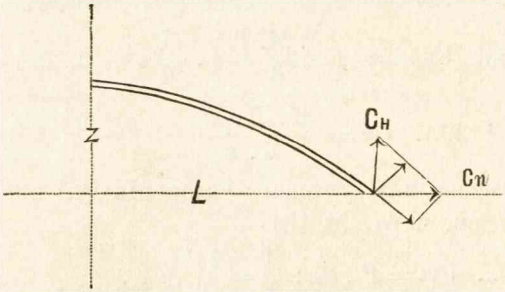
ростата, имѣетъ перемѣнную величину, пропорціональную діаметру поперечнаго сѣченія аэростата. Высота волнъ № 25... $h = y \cdot \frac{F}{M}$ вполнѣ безопасная, такъ какъ, по мѣрѣ изгибанія стѣнокъ воздушнаго корабля и расправленія складокъ, истинная высота ихъ все болѣе и болѣе уменьшается, также какъ и опасность излома; затѣмъ истинная высота волнъ не постоянна, но уменьшается по мѣрѣ удаленія ихъ отъ средней линіи (черт. № 4) металлич. мѣшка.

Мы опредѣлили наибольшую высоту (h) съ точки зрѣнія размѣровъ аэростата въ поперечномъ его сѣченіи, — теперь опредѣлимъ эту высоту съ точки зрѣнія продольнаго *упругаго* растяженія волнистой поверхности аэростата; именно—какой наименьшей высоты (h) должны быть волны, чтобы онѣ, будучи сдѣланы изъ жести толщиною въ (T), могли растягиваться на извѣстную часть $\left(\frac{A}{dx}\right)$ своей длины и затѣмъ, по прекращеніи дѣйствія растягивающей силы, вновь сократиться на прежнюю величину?

Пусть чертежъ № 12 изображаетъ часть волны отъ средней линіи до гребня. Предполагая для удобства выраженія горизонтальное расположеніе волнъ, обозначимъ перемѣнную высоту волны отъ высшей до нисшей ея точки черезъ ($2Z$), таковую же постоянную высоту (когда волнистая поверхность еще не подвержена растягивающимъ силамъ) — черезъ ($2h$), наконецъ длину волны отъ одного гребня до сосѣдняго—черезъ ($2L$). Изъ чертежа № 12 видно,

что если высота волны составляетъ малую часть ея длины, то тогда, не смотря на второстепенныя

Чертежъ № 12.

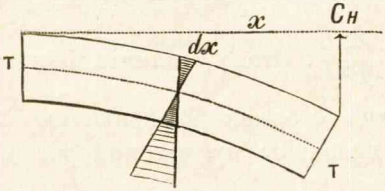


волны, лишь бы послѣднія были подобны по формѣ главнымъ,—имѣемъ приблизительно:

№ 26... $Cн = Cп \cdot \frac{Z}{L}$. Тутъ выражена зависимость между продольной ($Cп$) и нормальной ($Cн$) силами, изгибающими пластинку до ея состоянія (черт. № 12).

Разсмотримъ дѣйствіе нормальной силы (черт. № 13). Чертежъ этотъ изображаетъ пластинку толщиною въ (T) и шириною въ единицу.

Чертежъ № 13.



Несложное интегрированіе даетъ формулу № 27... $\left(\frac{P.M.T}{3}\right)$, опредѣляющую дѣйствіе силы на рычагъ $\frac{T}{2}$ (черт. 13), при растяженіи поверхностныхъ частей изгибаемой пластинки на

величину (P = растяж.). Эту силу (№ 27) уравновѣшиваетъ другая сила ($Cн$), дѣйствующая на рычагъ длиною въ (x); слѣдовательно, на основаніи свойствъ статическихъ моментовъ, имѣемъ:

№ 28... $Cн \,.\, x = \left(\frac{P.\,M.\,T.}{3}\right) \cdot \frac{T}{2}$,

или № 29... $Cн = \frac{M\,.\,P\,.\,T^2.}{6\,.\,x}$

Дифференціалъ угловаго уклоненія (yi) пластинки равенъ (см. черт. № 13) —

№ 30... $dyi = P\,.\,dx : \frac{T}{2} = \frac{2P}{T}\,.\,dx$.

Дифференціалъ же уклоненія (yk) конца ея равенъ —

№ 31... $dyk = dyi.x = \frac{2P}{T}.\,x.dx$, или, по уравн. № 29:

№ 32... $dyk = \frac{12.\,Cн.\,x^2}{M.\,T^3}\,dx$. Интегрируя это выраженіе, найдемъ:

№ 33... $yk = \frac{4.\,Cн.\,x^3}{M.\,T^3}$. Допуская тутъ $x = L$ и зная, что, по № 26, $Cн = Cп.\,\frac{Z}{L}$, получимъ:

№ 34... $yk = \frac{4.\,Cп.\,Z.\,L}{M.\,T^3}$. Это уравненіе показываетъ уклоненіе конца стержня до величины (Z) въ зависимости отъ величины продольной растягивающей силы.

Положимъ въ уравн. № 29 $x = L$ и

№ 35... $P = \frac{F}{M}$; тогда получимъ:

№ 36... $Cн = \frac{F.\,T^2}{6.\,L}$; отсюда, при посредствѣ № 26, найдемъ:

№ 37... $Cn = \frac{F.\,T^2}{6.\,Z}$, или № 38... $Z = \frac{F.\,T^2}{6.\,Cn}$.

Такъ какъ наибольшая высота волны есть (h), то № 39... $yk = h - z$ (черт. № 13), слѣдоват., съ помощію ур. № 34, получимъ:

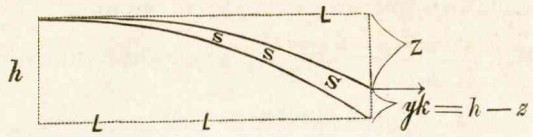
№ 40... $Cn = \frac{M.\,T^3}{4.\,L^2} \cdot \left(\frac{h-z}{z}\right)$. Изъ этого уравненія и уравн. № 38, выключая (Cn), имѣемъ:

№ 41... $\frac{h-z}{L} = \left(1 - \frac{z}{h}\right) \cdot \frac{h}{L} = \frac{2.\,L.\,F}{3.\,T.\,M}$;

очевидно, первая и вторая часть этого выраженія тождественны. Оно показываетъ относительное уклоненіе $\left(\frac{h-z}{L}\right)$ пластинки въ зависимости отъ ея размѣровъ и свойствъ матеріала, изъ котораго она сдѣлана.

По отношеніямъ $\left(\frac{h}{L}\right)$ и $\left(\frac{z}{h}\right)$ можно также узнать, чисто геометрическимъ путемъ, продольное относительное растяженіе волнъ.—Нормальное сѣченіе пластинки, или волны имѣетъ видъ (черт. № 14) кривой,

Черт. № 14.



которую, вслѣдствіе малой крутизны ея, можно принять за уклонившуюся прямую линію (S) и потому, по чертежу № 14, имѣемъ приблизительно:

№ 42... $S^2 = L^2 + z^2$, откуда

№ 43... $\frac{S}{L} = \sqrt{1 - \frac{z^2}{L^2}}$, или, такъ какъ отношеніе $\left(\frac{z}{L}\right)$ составляетъ малую часть единицы, —

№ 44... $\frac{S}{L} = 1 + \frac{z^2}{2L^2}$, вычитая изъ обѣихъ частей равенства по единицѣ, получимъ:

№ 45... $\frac{S - L}{L} = \frac{z^2}{2L^2}$.

Мы опредѣлили относительное растяженіе волнистой поверхности, независимо отъ ея упругости, — когда она переходитъ отъ волнообразнаго вида съ уклоненіемъ (z) въ совершенно распрямленное состояніе, чего на практикѣ быть не можетъ, такъ какъ тогда потребовалась бы продольная сила безконечнаго напряженія, которая и разорвала бы поверхность, прежде чѣмъ ее растянуть.

Растяженіе, соотвѣтствующее уклоненію (h), равно $\frac{h^2}{2L^2}$, слѣдоват. растяженіе волны, соотвѣтствующее уклоненію отъ (h) до (z), будетъ равно

№ 46... $\frac{S - L}{L} = \frac{h^2 - z^2}{2L^2}$, или, дѣля числителя и знаменателя второй части на (h^2), —

№ 47... $\frac{S - L}{L} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{z^2}{h^2}\right) \cdot \frac{h^2}{L^2}$. Замѣтимъ, что

истинное растяженіе немного болѣе опредѣляемаго этой формулой.

Теперь имѣемъ всѣ данныя, чтобы опредѣлить наименьшіе размѣры металлическаго мѣшка съ точки зрѣнія его цѣлости и *упругаго* растяженія его волнистой поверхности.

Для пораболическаго аэростата относительное растяженіе листа равно № 18... $\frac{A_1}{dx} = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{y_1^2}{x_1^2} \cdot \frac{y}{y_1}$.

Это есть наибольшее растяженіе по средней линіи газовмѣстилища (черт. № 4); если это растяженіе будетъ *упругое*, то растяженіе другихъ листовъ того-же кольца, выше и ниже средней линіи (черт. № 5), будетъ и подавно *упруго*; дѣйствительно, число волнъ каждаго листа одного кольца постоянно, такъ что и длина волны для каждаго кольца постоянна; высота же волны постепенно уменьшается и у краевъ кольца (черт. № 5) обращается въ нуль. Понятно, послѣ этого, что если растяженіе крутыхъ волнъ средней линіи упруго, то растяженіе волнъ менѣе крутыхъ—тѣмъ болѣе. На этомъ основаніи я и беру въ расчетъ только наиболѣе крутыя волны средней линіи (черт. № 5).

Растяженіе (№ 18) обязательно въ виду геометрическихъ свойствъ складывающейся поверхности. Но съ другой стороны растяженіе волнистой поверхности въ зависимости отъ крутизны $\left(\frac{h}{L}\right)$ волны и ея разгибанія $\left(\frac{z}{h}\right)$ опредѣляется уравненіемъ № 47. Поэтому, исключая изъ двухъ послѣднихъ уравненій

(№ 18 и № 47) $\frac{A_1}{dx}$, или, что то-же, $\frac{S-L}{L}$, найдемъ:

$$№\ 48\ldots\ \frac{h}{L}=\frac{\pi}{x_1}\sqrt{\frac{y_1 \cdot y}{2\left(1-\frac{z^2}{h^2}\right)}}.$$

Съ помощію этого уравненія и уравн. № 41, выключая отношеніе $\frac{h}{L}$, получимъ:

$$№\ 49\ldots\ L=\frac{3\pi.\,T.\,M.}{2.\,x_1.\,F}\sqrt{\frac{y_1 \cdot y\left(1-\frac{z}{h}\right)}{2\left(1+\frac{z}{h}\right)}},$$ откуда,

посредствомъ уравн. № 48, найдемъ:

$$№\ 50\ldots\ h=\frac{3\pi^2}{4}\cdot\frac{T}{x_1^2}\cdot\frac{M}{F}\cdot\frac{y_1 \cdot y}{\left(1+\frac{z}{h}\right)}.$$

Здѣсь узнается высота (h) волны, въ зависимости отъ геометрическихъ свойствъ общей формы аэростата, отъ формы волнистой поверхности и отъ упругости послѣдней; но здѣсь не принимается въ вычисленіе поперечное изгибаніе волнистой поверхности, когда газовмѣстилище раздувается. На этотъ счетъ мы имѣемъ формулу № 25, которую преобразуемъ такъ: № 51... $h=\frac{F}{M}\cdot\frac{y}{k_n}$; тутъ ($k_n$) есть коефиціентъ прочности, или число, показывающее во сколько разъ, ради пущей прочности, высота (h) волнъ на практикѣ принимается меньше ихъ предѣльной высоты, опредѣляемой формулой № 25.

Изъ двухъ послѣднихъ уравненій получимъ:

№ 52... $y_1 = \frac{3\pi^2 \,.\, T \,.\, k_n \,.\, M^2 \,.}{4\left(1 + \frac{z}{h}\right) \,.\, F^2} \left(\frac{y_1}{x_1}\right)^2$; множитель $\left(\frac{y_1}{x_1}\right)^2$ есть квадратъ продолговатости металлическаго мѣшка. Полагая тутъ —

№ 53... $T = \frac{1}{7}$ милим., $\frac{M}{F} = 300$ (образецъ латуни смотрите), $k_n = 1$, $\frac{y_1}{x_1} = \frac{1}{7}$ и $\frac{z}{h} = \frac{1}{3}$, — вычислимъ: $y_1 = 1{,}45$ метра.

Слѣдовательно, наименьшіе размѣры газовмѣстилища въ его средней части ($2y_1$) не превышаютъ 3 метровъ.

Но такъ какъ истинные его размѣры, чтобы онъ могъ подымать себя и значительный грузъ, должны быть въ 4 или 8 разъ больше, то и прочность изгибанія его волнистыхъ стѣнокъ во столько же разъ увеличится.

Изъ формулы № 52 также видно, что размѣры металлическаго мѣшка пропорціональны толщинѣ его матеріала.

Такъ что, при большихъ размѣрахъ аэростата, можно и матеріалъ употребить гораздо болѣе солидный, чѣмъ приложенный образчикъ латуни.

Такимъ-же путемъ, изъ № 18_1 и № 47, найдемъ для элиптическаго аэростата:

№ 54 ... $\frac{h}{L} = \frac{\frac{\pi \,.\, y_1}{2 \quad x_1}}{\sqrt{1 - \frac{z^2}{h^2}}} \cdot \frac{y_1}{y}$. Изъ этого уравне-

нія и № 41, исключая $\left(\frac{h}{L}\right)$, получимъ:

$$№\ 55\ldots\ L=\frac{3\pi\,.\,y_1^2}{4\,.\,x_1 y}\cdot\frac{\sqrt{1-\frac{z}{h}}}{\sqrt{1+\frac{z}{h}}}\cdot\frac{M}{F}\cdot T.$$

Изъ двухъ послѣднихъ уравненій отыщемъ:

$$№\ 56\ldots\ h=\frac{3\pi^2\,.\,y_1^4}{8\,.\,x_1^2 y^2}\,\frac{T}{\left(1+\frac{z}{h}\right)}\cdot\frac{M}{F}\cdot$$ Отсюда слѣдуетъ, что высота (h) волнъ обратна (y^2), такъ что къ концамъ аэрастата высота и длина (изъ № 54) волнъ быстро возростаютъ. Этотъ законъ не совпадаетъ съ выводомъ изъ № 51. Но можемъ опредѣлить высоту волнъ для самой узкой части аэростата, за которой уже слѣдуютъ гладкіе конусы; полагая въ № 56 —

$\frac{y_1}{x_1}=\frac{1}{7}$, $\frac{y_1}{y}=2$, $k_n=1$, $T=\frac{1}{7}$ милим., $\frac{M}{F}=300$ (латунь) и $\frac{z}{h}=\frac{1}{3}$, получимъ: $h=9{,}6$ м.м. Подставляя этотъ выводъ въ уравн. № 51, найдемъ $y=2{,}9$ метра; слѣдовательно $2y_1=11{,}6$ метра. Значитъ, наименьшіе размѣры средней части аэростата не превышаютъ 12 метровъ.

При этомъ (k_n) только у концовъ аэростата равенъ единицѣ, въ средней же части его онъ (k_n) разъ въ 8 больше. Итакъ, элиптическая модель металлическаго мѣшка не можетъ быть малыхъ размѣровъ.

№ 56_1... Изъ совокупности уравненій № 56 и № 51 видно, что размѣръ аэростата пропорціоналенъ толщинѣ жести, изъ которой онъ сдѣланъ; это мы уже видѣли для пораболическаго аэростата и, вообще, замѣтимъ, что этотъ законъ справедливъ и для всякой другой, подобно измѣняющейся формы.

У параболическаго аэростата высота и длина волнъ убываетъ къ концамъ аэростата (№ 50 и № 51), а у элиптическаго—наоборотъ—быстро возрастаетъ (№ 55 и 56); если выбрать среднюю форму между двумя разсмотрѣнными крайностями, то высота и длина волнъ по средней линіи аэростата будетъ болѣе равномѣрна и наименьшіе размѣры его не будутъ такъ велики, какъ для элиптическаго аэростата.

Положимъ, напримѣръ,

№ 57... $y = y_1 \cdot \left(1 - \frac{x^2}{x_1^2}\right)^{\frac{3}{4}}$, гдѣ показатель $\frac{3}{4}$ есть среднее ариѳметическое между показателями двухъ другихъ извѣстныхъ намъ уравненій (№ 16 и № 18_1). Тогда, приблизительно, найдемъ:

№ 58... $\frac{A_1}{dx} = \frac{3\pi^2}{32} \cdot \frac{y_1^2}{x_1^2} \cdot \frac{\left(2 - \frac{x^2}{x_1^2}\right)}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{x_1^2}}}$; полагая тутъ $\frac{x_1}{y_1} = 7$ и, послѣдовательно,

$\frac{x}{x_1} = 0, \frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \frac{3}{5}, \frac{4}{5}$, — найдемъ для

$\frac{A_1}{dx} = \frac{1}{26}, \frac{1}{26}, \frac{1}{26}, \frac{1}{25,5}$ и $\frac{1}{23}$. Изъ этого вычисленія видно, что относительная величина крайняго

промежутка, или наибольшое сокращеніе листовъ по срединной продольной линіи сложеннаго мѣшка— почти неизмѣнно. Поэтому положимъ, на основаніи

№ 47: $\frac{S-L}{L}=\frac{1}{26}=\frac{1}{2}\cdot\left(1-\frac{z^2}{h^2}\right)\cdot\frac{h^2}{L^2}$, откуда

№ 59... $\frac{h}{L}=\frac{1}{\sqrt{13\left(1-\frac{z^2}{h^2}\right)}}$. Выключая отсюда $\left(\frac{h}{L}\right)$ посредствомъ уравн. № 41 и опредѣляя затѣмъ (L), найдемъ:

№ 60... $L=\frac{3.\ T.\ M}{2.\sqrt{13}\ .F}\cdot\frac{\sqrt{1-\frac{z}{h}}}{\sqrt{1+\frac{z}{h}}}$. Изъ этого условія и № 59 получимъ:

№ 61... $h=\frac{3}{26}\cdot\frac{T\ .\ M}{\left(1+\frac{z}{h}\right)\cdot F}$; отсюда, по обычнымъ даннымъ, найдемъ: $h=3{,}7$ м.м.; отыскивая далѣе по уравн. № 51 (y) въ узкой части аэростата, вычислимъ $y=1{,}11$ метра; слѣдов. $2y_1=4{,}4$ метра. А такъ какъ аэростатъ въ 3—6 разъ больше, то и коеффиціентъ прочности (k_n) можно положить во столько же разъ больше единицы.

Объемъ и поверхность такого аэростата весьма немного больше объема и поверхности пораболическаго аэростата, почему мы, ради простоты, и будемъ помѣрѣ надобности руководствоваться формулами пораболичискаго аэростата, хотя будемъ подразумѣвать устройство его поверхности по послѣднему образцу

(№ 57), или даже по другому, болѣе совершенному въ отношеніи, напр., легкости разсѣченія имъ воздуха.

IV.

Рѣшимъ теперь вопросъ—какихъ размѣровъ долженъ быть аэростатъ, устроенный изъ даннаго матеріала, чтобы подымать себя и приличный вѣсу оболочки грузъ?

Для этого вычислимъ его объемъ (V), поверхность (S), подъемную силу и проч.

Вычисленіе объема и поверхности параболическаго аэростата, по уравненію № 16, настолько ординарно, что я позволю тутъ себѣ привести только окончательныя формулы, именно:

№ 62... $V = \frac{16}{15} . \pi . y_1^2 . x_1 . k_v$ и

№ 63... $S = \frac{8}{3} . \pi . y_1 . x_1 . k_s$.

Первая формула вполнѣ точна; (k_v) есть коефиціентъ объема, который меньше единицы, такъ какъ аэростатъ нельзя наполнять до послѣдней возможности. Вторая формула только приблизительна, но ошибка тѣмъ менѣе, чѣмъ продолговатость $\left(\frac{x_1}{y_1}\right)$ аэростата болѣе; такъ, при продолговатости въ 7, истинная поверхность болѣе приблизительной менѣе, чѣмъ на $\frac{1}{50}$ опредѣляемой величины; (k_s) есть ко-

еффиціентъ поверхности; онъ болѣе единицы, такъ какъ часть жести, хотя и незначительная, идетъ на складки, не вполнѣ распрямленныя, и на спайку волнистыхъ листовъ.

Сила поднимающая аэростатъ $= d_a \,.\, V$, гдѣ первый множитель означаетъ плотность воздуха.

Силы, опускающія аэростатъ суть: 1) вѣсъ оболочки, равный № $64_1 \ldots d_m \,.\, T \,.\, S$, гдѣ (d_m) есть плотность матеріала оболочки, а (T) — толщина ея; 2) вѣсъ газа, равный $(d_g V)$; тутъ (d_g) есть плотность газа, наполняющаго аэростатъ; 3) вѣсъ груза, равный (p), или, полагая, что грузъ составляетъ опредѣленную часть (C) вѣса оболочки,—№ 64... $p = d_m \,.\, T \,.\, S \,.\, C$; (p) содержитъ вѣсъ ладьи съ ея цѣпями, вѣсъ пассажировъ, вѣсъ машинъ, топлива и всѣхъ принадлежностей аэростата.

Равновѣсіе воздушнаго корабля въ воздухѣ требуетъ, чтобы силы, поднимающія аэростатъ, были равны силамъ, опускающимъ его; слѣдов.:

№ 65... $d_m \,.\, T \,.\, S + d_g V + p = d_a \,.\, V$, или, по условію № 64, выставляя за скобки, получимъ:

№ 66... $S \,.\, d_m \,.\, T \,.\, (1 + C) = V \,.\, (d_a - d_g)$; исключая изъ этого уравненія (V) и (S) посредствомъ уравненій № 62 и № 63, найдемъ по сокращеніи и по опредѣленіи $(2y_1)$:

№ 67... $$2y_1 = \frac{5 \,.\, k_s \,.\, (1 + C) \,.\, d_m \,.\, T}{k_v \,.\, (d_a - d_g)} \,.$$

№ 67_1... Положимъ въ этомъ уравненіи: $T = \frac{1}{7}$ милиметра; $d_m = 8{,}4$ (образецъ латуни); $C = 1$, т. е. грузъ (p) равенъ вѣсу газовмѣстилища; $k_s = 1\frac{1}{20}$;

$k_v = 0{,}9$; послѣднія два условія означаютъ, что на спайку и волны идетъ $\frac{1}{20}$ поверхности аэростата и что въ него впускается 0,9 того наибольшаго количества газа, которое онъ можетъ вмѣстить; $(d_a - d_g) = 0{,}001$, т. е. $d_g = 0{,}0003$, откуда слѣдуетъ, что газъ, употребляемый для наполненія аэростата, въ три раза плотнѣе водорода, такъ что можно пустить въ дѣло дешевый продуктъ сухой перегонки растеній, нефти, каменнаго угля или торфа;—тогда получимъ $2y_1 = 14$ метровъ ($6\frac{1}{2}$ саженъ).

По уравненію № 64, выключая (S) посредствомъ № 63, найдемъ:

№ 68... $p = \frac{8}{3} . \pi . C . k_s . T . x_1 . y_1 . d_m$. По этой формулѣ вычислимъ, допуская, что продолговатость $\left(\frac{x_1}{y_1}\right)$ аэростата равна семи: $p = 3285$ килограммъ, или подъемъ 33 человѣкъ, полагая на каждаго по 100 килограммъ, или по 6 пудовъ слишкомъ.

Итакъ, наименьшіе размѣры аэростата, поднимающаго умѣренный грузъ, равный вѣсу газовмѣстилища, въ 3 раза больше наименьшихъ размѣровъ модели (№ 57). Поэтому, если опытъ покажетъ возможность построенія модели и неразрушимость ея складокъ, при измѣненіи ея формы и объема, то тѣмъ болѣе будетъ ясна возможность построенія газовмѣстилища втрое большихъ размѣровъ, при которыхъ складки той же высоты будутъ изгибаться съ меньшею опасностью въ отношеніи ихъ цѣлости. Также является возможность уменьшить относитель-

ные размѣры полныхъ конусовъ, что на концахъ аэростата.

Изъ формулы № 67 видно, что размѣры аэростата въ высоту не зависятъ отъ его длины или продолговатости. Изъ той же формулы видно, что поперечный діаметръ ($2y_1$) газовмѣстилища пропорціоналенъ толщинѣ (T) матеріала оболочки. Этотъ выводъ согласенъ съ выводомъ № 56_1, по которому размѣры газовмѣстилища въ высоту, съ точки зрѣнія свойствъ волнистой поверхности аэростата и его формы, также пропорціональны толщинѣ (T) оболочки. Такъ что, игнорируя давленіе газовъ, могущихъ разорвать ее, можемъ сказать, что возможенъ аэростатъ при оболочкѣ всякой толщины. Но въ томъ-то и дѣло, что размѣры аэростата ограничены данною крѣпостью матеріала, давленіемъ газовъ и тяжестью ихъ и оболочки, чему мы вскорѣ и посвятимъ особую главу.

Когда $C=\frac{1}{2}$, или когда грузъ (p) составляетъ половину вѣса оболочки, — $2y_1=10{,}5$ метра; тогда аэростатъ подниметъ 9 человѣкъ, или 926 килогр. грузу.

№ 68_1... Когда-же $C=1$, но размѣры аэростата въ длину и высоту вдвое больше, также, какъ и толщина оболочки (образецъ жести), то, согласно формулѣ № 68, аэростатъ подниметъ 2628 килогр., или 263 человѣка; при этомъ $2y_1=28$ метрамъ (13 саж.).

V.

Устроивъ плоскій металлич. мѣшокъ на легкой деревянной платформѣ, надо ухитриться, прежде чѣмъ раздувать его, повѣсить этотъ мѣшокъ на цѣпяхъ такъ, чтобы, не ломая складокъ, поверхность его приняла вертикальное направленіе, а продольная ось горизонтальное. Это было бы легко исполнить, еслибы платформа могла поворачиватъся вокругъ оси и принимать отвѣсное направленіе, что не можетъ быть очень затруднительно, если обратить вниманіе на малую тяжесть аэростата, которую нужно одолѣть платформѣ. Поднявъ аэростатъ, его привѣшиваютъ на цѣпяхъ къ заранѣе устроенной надъ платформой аркѣ, или перекладинѣ, послѣ чего платформа опускается на прежнее мѣсто, аэростатъ же раздувается газомъ при помощи трубы, проведенной отъ газообразователя къ нисшей точкѣ металл. мѣшка; газъ уже самъ собою устремляется въ аэростатъ и наполняетъ его съ довольно значительною силою, смотря по размѣрамъ его въ высоту.

Если аэростатъ очень малъ, то газъ не въ состояніи будетъ правильно раздвинуть его стѣнки и растянуть складки; если онъ среднихъ размѣровъ, то правильное наполненіе удается; если, наконецъ, его размѣры въ высоту составятъ нѣсколько сотъ саженъ, то газъ разорветъ оболочку.

Но нѣтъ никакой крайней необходимости строить металлич. аэростатъ непремѣнно на плоскости.

Можно предложить другой способъ его устройства, для чего нужно только знать форму его продольныхъ

и поперечныхъ сѣченій. У меня достаточно данныхъ относительно этого вопроса, полученныхъ мною путемъ теоріи и *особыхъ* опытовъ; но приводить тутъ ихъ, по недостатку мѣста, я не могу.

Этимъ способомъ аэростатъ строится, такъ сказать, въ готовомъ футлярѣ, внутренняя пустота котораго имѣетъ форму и размѣры газовмѣстилища.

Аэростатъ (также) представляютъ себѣ состоящимъ изъ колецъ (черт. № 2), только не сложенныхъ въ плоскость. Листамъ одного кольца придаютъ почти одну и ту-же степень волнистости, лишь съ уменьшеніемъ діаметра ($2y$) колецъ, высота волнъ нѣсколько уменьшается. Концы аэростата, какъ обыкновенно, замыкаются гладкими коническими поверхностями. Этотъ способъ построенія имѣетъ большія преимущества и въ сущности не представляетъ бо́льшихъ затрудненій, чѣмъ при построеніи аэростата на плоскости. —

Внутренняя часть легкой, рѣшетчатой и на половину разборной верфи, или «футляра» выкладывается листами изъ волнистой жести, причемъ листы спаиваются между собою и прикрѣпляются слегка и временно къ поверхности, на которой они лежатъ, или—вѣрнѣе—къ которой они прилегаютъ.

Работа происходитъ внѣ и внутри «футляра», смотря по надобности и удобству. Когда-же все кончено, т. е. листы скрѣплены, сшиты и спаяны, но не отдѣлены еще отъ верфи, аэростатъ наполняется газомъ слѣдующимъ способомъ: къ внутренней металл. оболочкѣ аэростата прилегаетъ, посредствомъ легкаго давленія воздуха, другой мягкій аэростатъ, изъ обыкновенной матеріи. Въ промежутокъ

между тѣмъ и другимъ впускаютъ легкій газъ, который постепенно сжимаетъ до нуля мягкій аэростатъ, выпуская наружу заключенный въ немъ воздухъ; послѣ этого мягкій и сжатый до небольшаго объема мѣшокъ удаляется черезъ нижнюю часть металлич. газовмѣстилища; тогда и это послѣднее отцѣпляется отъ «футляра», верхняя часть котораго разбирается, и аэростатъ подымается изъ оставшейся части верфи, «вылупляясь», какъ цыпленокъ изъ своей скорлупы.

Волнистая поверхность аэростата растягивается, но далеко не вполнѣ. Смотря по размѣрамъ его и другимъ обстоятельствамъ, высота волнъ уменьшается въ 3 — 2 раза и менѣе. Вслѣдствіе почти постоянной высоты и длины волнъ всѣхъ листовъ аэростата (кромѣ конечныхъ), послѣдній, выстроенный вторымъ способомъ, обладаетъ болѣе равномѣрнымъ сопротивленіемъ разрушительнымъ силамъ, чѣмъ аэростатъ, выстроенный на плоскости; разрывъ оболочки можетъ произойти только при исключительныхъ условіяхъ, или при очень большихъ размѣрахъ воздушнаго корабля. Впрочемъ, для полной безопасности и для другихъ цѣлей аэростатъ будетъ имѣть нѣсколько придаточныхъ массивныхъ частей въ видѣ металлич. полосъ, цѣпей и тому подобнаго.

Кромѣ описаннаго преимущества—равномѣрнаго сопротивленія оболочки, аэростатъ послѣдней системы имѣетъ и другія выгоды. Въ самомъ дѣлѣ, хотя объемъ и форма аэростата, сдѣланнаго на верфи, и измѣняются подъ вліяніемъ, напр., метеорологическихъ причинъ, но ему нѣтъ надобности

имѣть плоскаго вида, и потому изгибаніе и растягиваніе его волнистой поверхности не такъ значительно, какъ для аэростата, выстроеннаго на плоскости.

Что касается до расходовъ на сооруженіе верфи и на мягкій внутренній аэростатъ, то нужно помнить, что одинъ и тотъ же мѣшокъ, употребляемый для наполненія газомъ металл. аэростата, одна и та-же верфь могутъ сослужить службу при построеніи неопредѣленно-большаго числа газовмѣстилищъ; слѣдоват., первоначальные единовременные расходы, раздѣленные на число выстроенныхъ аэростатовъ, совсѣмъ не велики.

Если вторая система имѣетъ преимущества во всѣхъ отношеніяхъ, то зачѣмъ-же, спроситъ читатель, приводилась длинная и головоломная теорія аэростата, устраиваемаго на плоскости?!

А затѣмъ я ее, между прочимъ, приводилъ, что ею строго доказывается возможность *упругаго и безвреднаго для цѣлости аэростата* перехода его изъ плоскаго состоянія въ округленное; тѣмъ болѣе эта самая теорія доказываетъ возможность измѣненія формы и объема аэростата между предѣлами менѣе значительными.

VI.

Перейдемъ теперь къ изученію силъ, стремящихся разрушить оболочку аэростата или, по крайней мѣрѣ, растянуть его волнистую поверхность. Эти

силы суть—упругость газовъ и тяжесть ихъ и оболочки.

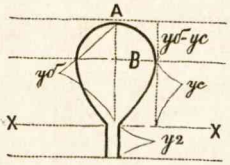
Имѣя въ виду цѣли чисто практическія, постараюсь кратко изложить необходимыя для насъ теоремы и формулы.

№ 69... Предполагая, что аэростатъ сдѣланъ изъ листовъ постоянной толщины (T) и напряженіе ихъ волнъ довольно равномѣрно, что смѣло можно сказать относительно аэростата, выстроеннаго на верфи,—найдемъ теорему: если среднія части газовмѣстилища выдерживаютъ давленіе газовъ, то другія—и подавно.

Мы ее докажемъ, разсматривая напряженіе оболочки въ продольномъ и поперечномъ направленіи.

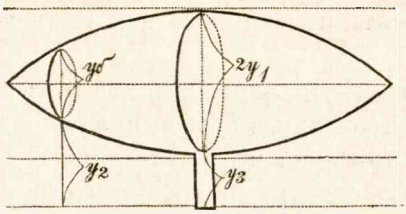
Чертежъ № 15 представляетъ одно изъ нормальныхъ къ продольной оси сѣченій аэростата; (*уб*) означаетъ наибольшіе вертикальные размѣры этого сѣченія; (*ус*) есть ордината изображенной кривой, соотвѣтствующая той ея точкѣ, гдѣ касательная отвѣсна; наконецъ, — (y_2) есть длина отвѣсной трубы, будто-бы прицѣпленной къ нисшей части сѣченія и наполненной тѣмъ самымъ газомъ, которымъ наполненъ и аэростатъ. Понятно, трубы этой можетъ и не быть, давленіе же на нисшую точку газовымъ столбомъ, заключеннымъ въ трубѣ, можетъ быть замѣнено обыкновеннымъ напряженіемъ газа въ нисшей точкѣ, равнымъ давленію газоваго столба, именно № 70_1 ... $(d_a - d_g)$. y_2, гдѣ въ скобкахъ поставлена разность плотностей воздуха и газа.

Фиг. № 15.



Изъ чертежа № 16 видно, что, полагая давленіе въ самой нисшей точкѣ аэростата (а не даннаго сѣченія) постояннымъ и равнымъ (y_3), — давленіе въ нисшей точкѣ даннаго сѣченія будетъ величиною перемѣнною и равною

Чер. № 16.



№ 70... $y_2 = \left(y_1 - \frac{y_б}{2}\right) + y_3.$

Изъ чертежа этого также ясно, что среднее давленіе по срединной линіи аэростата, приблизительно, выражается столбомъ ($y_1 + y_3$).

Имѣя въ виду нѣкоторую симметрію верхней и нижней части каждаго сѣченія и зная, что давленіе газовъ или, вѣрнѣе, приращеніе ихъ давленія пропорціонально (y) ординатѣ (черт. № 15), можемъ полное продольное давленіе газовъ на всю окружность сѣченія выразить произведеніемъ:

№ 71... $\frac{\pi}{4} \cdot y_б^2 \cdot (d_a - d_g)\ (y_1 + y_3).$

Давленіе, приходящееся на единицу окружности сѣченія, равно

№ 72... $H = \frac{d_a - d_g}{4} \cdot (y_1 + y_3) \cdot y_б.$

Эта формула показываетъ, что продольное натяженіе (H) оболочки пропорціонально діаметру ($y_б$) поперечнаго сѣченія одного и того же аэростата,

такъ какъ $(y_1 + y_3)$ для одного и того-же газовмѣстилища есть величина постоянная.

Итакъ, относительно продольнаго натяженія теорема наша доказана. Дѣйствительно, сопротивленіе разрыву единицы окружности сѣченія волнистой поверхности аэростата одно и то-же, между тѣмъ какъ сила газовъ, стремящаяся разорвать эту поверхность, къ концамъ аэростата гораздо меньше, чѣмъ въ средней его части (№ 72).

Впрочемъ, мы опредѣлили среднее натяженіе, которое въ верхней части аэростата можетъ быть и больше, и меньше и равно нижнему натяженію оболочки, смотря по нагрузкѣ ладьи; разумѣется, выгоднѣе такое распредѣленіе груза, при которомъ продольное натяженіе наиболѣе равномѣрно; этого достигаютъ сосредоточивая грузы болѣе подъ средней частью аэростата, чѣмъ по краямъ его.

Относительно натяженія оболочки по направленію окружности поперечнаго сѣченія полезно такое объ этомъ натяженіи представленіе: полосу оболочки по окружности сѣченія можно сравнить съ веревкой, которой придана кривизна посредствомъ множества блоковъ, касательныхъ къ этой веревкѣ. Если-бы не было тяжести, то, очевидно, веревка по всей своей длинѣ имѣла бы одно натяженіе; но такъ какъ она лежитъ въ вертикальной плоскости и подвержена дѣйствію тяжести, то напряженіе верхнихъ ея частей будетъ на нѣкоторую величину больше натяженія нижнихъ. Изъ этого слѣдуетъ, что высшія точки сѣченія подвержены наибольшему натяженію. Поперечное натяженіе этихъ высшихъ частей мы и

постараемся опредѣлить, не заботясь о слабѣйшемъ натяженіи нисшихъ частей.

Вообще, напряженіе въ какой нибудь точкѣ A (фиг. 15) дуги AB по направленію оси абсциссъ (X) равно суммѣ дѣйствующихъ на AB силъ, имѣющихъ направленіе (X), плюсъ постоянное натяженіе по направленію (X) въ точкѣ B. Для точки B постоянное натяженіе по направленію (X) равно нулю, такъ какъ тамъ элементъ кривой имѣетъ отвѣсное направленіе; сумма-же дѣйствующихъ по направленію (X) силъ на дугу AB состоитъ только изъ давленія газовъ по направленію (X), потому что тяжесть элементовъ дуги дѣйствуетъ по направленію отвѣсному (y).

Изъ того и другаго выводимъ, что наибольшее натяженіе (H) полосы въ высшей ея точкѣ A равно опредѣленному интегралу—

$$№\ 73...\ H = \int_{y=yc}^{y=yб} (d_a - d_g).\ (y + y_2).\ dy =$$

$$= \frac{d_a - d_g}{2} \cdot \left\{ (yб + y_2)^2 - (yc + y_2)^2 \right\}.$$ Когда сѣченіе близко къ кругу, то $yб = 2yc$ и потому—

$$№\ 74...\ H = \frac{d_a - d_g}{2} \cdot \left\{ \tfrac{3}{4} \cdot yб^2 + yб \cdot y_2 \right\}.$$

Замѣтимъ, что истинное натяженіе менѣе опредѣляемаго послѣдней формулой, такъ какъ, на самомъ дѣлѣ, $yc > \frac{yб}{2}$, и потому эту формулу можно примѣнять къ практикѣ, не опасаясь.

Для одного сѣченія (y_2) есть величина постоянная, но для разныхъ сѣченій одного аэростата —

перемѣнная (№ 70); вставивъ въ уравн. № 74 величину (y_2) изъ уравненія № 70, получимъ:

$$№\ 75...\ H = \frac{d_a - d_g}{2} \left\{ \frac{уб^2}{4} + уб \cdot (y_1 + y_3) \right\}.$$

Изъ этой формулы ясно, что чѣмъ меньше діаметръ ($уб$) поперечнаго сѣченія, тѣмъ и поперечное натяженіе меньше. Такимъ образомъ теорема наша закончена.

На основаніи ея мы можемъ заняться однимъ среднимъ сѣченіемъ. Въ такомъ случаѣ, полагая въ формулахъ № 72 и № 75 $уб = 2y_1$, найдемъ для натяженія продольнаго—

$$№\ 76...\ H = \frac{d_a - d_g}{2} \cdot (y_1 + y_3) \cdot y_1$$

и для натяж. поперечнаго —

$$№\ 77...\ H = \frac{d_a - d_g}{2} \cdot \left\{ 3y_1 + 2y_3 \right\} \cdot y_1.$$

Слѣдовательно, поперечное натяженіе больше продольнаго въ № 78... $\frac{3y_1 + 2y_3}{y_1 + y_3}$. Когда ($y_3$) очень мало, то первое больше втораго въ 3 раза, а когда (y_3) очень велико, то въ 2 раза. При $y_3 = y_1$, поперечное нат. больше продольнаго въ $2^1/_2$ раза.

Продольное натяженіе растягиваетъ складки аэростата, а болѣе напряженное поперечное натяженіе можетъ разорвать оболочку, прежде чѣмъ разорвётъ её продольное натяженіе.

Опредѣлимъ наибольшіе размѣры аэростата въ высоту, причёмъ, конечно, обратимъ вниманіе на болѣе сильное поперечное натяженіе.

Единица длины нормальнаго сѣченія аэростата представляетъ сопротивленіе разрыву, равное $(K_p . T)$, гдѣ (K_p) есть коефиціентъ разрыва, а (T) толщина оболочки. Если сюда ввести коефиціентъ прочности, то это сопротивленіе будетъ $\left(\frac{K_p}{K_n} . T\right)$. Приравнявши его второй части уравненія № 77, найдемъ:

$$№\ 79... \frac{K_p}{K_n} . T = \frac{d_a - d_g}{2} . (3y_1 + 2y_3) . y_1 .$$

Это выраженіе въ совокупности съ уравненіемъ № 67 даетъ средство опредѣлить толщину (T) оболочки и наибольшую высоту аэростата при извѣстныхъ условіяхъ. Исключая (T), получимъ:

$$№\ 80... (3y_1 + 2y_3) = \frac{4 . k_v . k_p}{5 . (1 + c) . k_s . k_n . d_m} .$$

Отсюда видно, что наибольшая высота $(2y_1)$ не зависитъ отъ плотности среды, въ которой аэростатъ плаваетъ. Полагая тутъ: $k_v = 0,9$; $k_p = 300.000$ килогр. на кв. дециметръ сѣченія призматическаго куска; $d_m = 8$; $c = 1$; $k_s = 1\frac{1}{20}$; $k_n = 6$ и $y_3 = y_1$ (т. е. напряженіе газа въ нисшей точкѣ аэростата равно напряженію газа по средней продольной его оси);—тогда вычислимъ: $2y_1 = 857$ дец. $= 86$ метровъ.

Выключая изъ тѣхъ-же двухъ уравненій (y_1), найдемъ, при условіи $y_3 = y_1$:

$$№\ 81... T = \frac{8 . (d_a - d_g) . k_v^2 . k_p}{125 . (1 + c)^2 . k_s^2 . k_n . d_m^2} .$$ Отсюда, прибавляя къ предыдущимъ условіямъ $(d_a - d_g) = 0,001$, — вычислимъ $T = 0,92$ мм., или около одного милиметра, что соотвѣтствуетъ толстому кро-

вельному желѣзу. Такая поверхность въ волнистомъ видѣ настолько солидна, что хожденіе по ней человѣка не заставитъ ее даже дрогнуть.

Допуская далѣе $\frac{x_1}{y_1}=7$, по формулѣ № 68 вычислимъ грузъ (p) въ 200.000 килограммъ, или подъемъ около 8.000 человѣкъ, полагая на каждаго по 100 килогр. (6 пудовъ).

Хотя я и думаю, что аэростатъ такихъ размѣровъ (около 40 сотенъ высоты и 280 саженъ длины) есть достояніе будущаго, первые же аэростаты будутъ гораздо меньше, тѣмъ не менѣе не слѣдуетъ удивляться такимъ громаднымъ размѣрамъ оболочки, которые могли-бы быть даже въ 2 — 3 раза больше, если бы матеріаломъ для устройства волнистой поверхности аэростата мы предложили сталь.

Съ перваго взгляда, дѣйствительно, поражаетъ мысль,—какимъ образомъ аэростатъ, довольно тонкій, безъ всякихъ поперечинъ и массивныхъ частей, (въ нашей теоріи мы ихъ не принимали) держитъ самъ себя да еще и грузъ, равный вѣсу оболочки.

Мы видимъ крыши изъ столь же тонкой жести, гораздо меньшихъ размѣровъ, поддерживаемыхъ однако множествомъ перекладинъ, переводинъ и подпорокъ.

Дѣло въ томъ, что опора крыши внизу, опора-же аэростата вверху. Вся его поверхность виситъ, подобно веревкѣ, цѣпи или полотну, прицѣпленныхъ только однимъ или двумя краями посредствомъ гвоздей.

Роль гвоздей тутъ играетъ газъ: давленіе газа поддерживаетъ оболочку аэростата.

Положимъ, что требуется построить столбъ, высотою хоть съ Эйфелеву башню (300 мет.), который-бы на верхнемъ концѣ поддерживалъ нѣсколько пудовъ грузу. Какая бы потребовалась для этого масса желѣза,—это видно изъ практики построенія Эйфелевой башни. Но положимъ эта задача имѣетъ обратный видъ: устроить цѣпь длиною въ башню Эйфеля, верхній конецъ которой (цѣпи) укрѣпленъ на высотѣ, а нижній держитъ грузъ, равный, напр., вѣсу самой цѣпи. Боже! какъ легка такая задача.— Обыкновенная проволока, длиною въ 300 метровъ, уже удовлетворяетъ такой задачѣ.

А что, если бы мы потребовали, чтобы и башня, какъ и проволока, поддерживала на своей вершинѣ грузъ, равный вѣсу самой башни!...

Не трудно показать, что прямоугольная полоса жести произвольной ширины и толщины, будучи укрѣплена этой шириной на высотѣ и такимъ образомъ повѣшена, подобно занавѣскѣ, — не разрывается при высотѣ ея въ 500 метровъ (около $^1/_2$ версты) и даже болѣе.

Давленіе газовъ хотя и дѣйствуетъ сильнѣе, чѣмъ одна тяжесть оболочки, но, тѣмъ не менѣе, пропорціонально этой послѣдней и немного отъ нея отличается.

На аэростатѣ проявляются силы, *растягивающія* его оболочку, какъ и силы, разрывающія повѣшенную веревку или полотно; на башню же дѣйствуютъ силы, *сдавливающія* ея массу.

На морской корабль также дѣйствуютъ силы, сдавливающія его массу, и потому устройство морскаго корабля сравнительно трудно и было бы не-

возможно, если бы придавать имъ размѣры предѣльныхъ аэростатовъ.

Устройство закрытаго помѣщенія для пассажировъ и машинъ воздушнаго корабля, на томъ же основаніи, не требуетъ такъ много массы, какъ, напр.,—для вагоновъ.

Изъ формулы № 80 видно, что если коеффиціентъ прочности (k_n) будетъ мѣняться, то и наибольшіе размѣры ($2y_1$) аэростата также будутъ мѣняться; притомъ, полагая $y_3 = n \cdot y_1$, т. е. предполагая давленіе въ нисшей точкѣ аэростата пропорціональнымъ (y_1), найдемъ, что прочность (k_n) обратно пропорціональна размѣрамъ его; поэтому, чѣмъ меньше аэростатъ, тѣмъ прочность его больше и наоборотъ. А такъ какъ (№ 67), чѣмъ меньше аэростатъ, тѣмъ и толщина (T) оболочки меньше, то можно выразиться и такимъ парадоксомъ: чѣмъ тоньше оболочка аэростата, тѣмъ послѣдній прочнѣе. Размѣры и толщина оболочки аэростата (выч. № 67_1) въ 6—7 разъ меньше размѣровъ и толщины оболочки предѣльнаго аэростата, такъ что и прочность перваго аэростата въ 6—7 разъ больше, чѣмъ послѣдняго; именно она выразится числомъ 40 (образецъ латуни).

Впрочемъ, большіе аэростаты, при достаточной прочности, имѣютъ громадныя преимущества передъ малыми.

VII.

Вотъ аэростатъ устроенъ и уравновѣшенъ такъ, что ни подымается, ни опускается;—спрашивается,

какое могутъ имѣть вліяніе на это состояніе равновѣсія измѣненія матеорологическія: измѣненія давленія воздуха и температуры внѣ и внутри аэростата?

Очевидно, измѣненія эти нарушаютъ или постоянство объема аэростата, или его подъемную силу (т. е. постоянство высоты его надъ уровнемъ моря) или, наконецъ,—и то и другое.

Имѣемъ теорему № 82, которую я не буду доказывать, какъ вслѣдствіе простоты ея, такъ и вслѣдствіе нежеланія моего наводнять этотъ трудъ мало оригинальными формулами, заслоняя тѣмъ важнѣйшее.

№ 82... Если аэростатъ свободно измѣняетъ свою емкость и если температура внѣ и внутри его одна и та-же, или, если отношеніе (частное) внутренней *абсолютной* температуры къ внѣшней *абсолютной* температурѣ постоянно, то никакія измѣненія температуры, давленія и плотности воздуха и внутреннихъ газовъ аэростата не могутъ нарушить его равновѣсія,—лишь объемъ его можетъ измѣняться.

Вмѣсто условія постоянства отношенія абсолютныхъ температуръ, можно дать другое, только приблизительно вѣрное условіе,—постоянство разности температуръ внѣ и внутри аэростата.

Подъ „свободнымъ измѣненіемъ объема“ аэростата я подразумѣваю способность его оболочки безъ напряженія сжиматься и расширяться, такъ что давленіе внѣ и внутри аэростата почти одинаково; строго говоря, этого быть не можетъ.

Относительно измѣненія формы и объема безпокоиться особенно нечего, такъ какъ нашъ аэростатъ приспособленъ къ этимъ измѣненіямъ, и если бы

разность температуръ между внѣшнимъ и внутреннимъ газомъ сохранялась неизмѣнной, то, по предыдущему, никакія метеорологическія измѣненія не были бы страшны, потому что равновѣсіе аэростата не нарушалось бы: онъ могъ бы претерпѣвать всевозможныя барометрическія и термическія колебанія, его можно бы было искусственно или дѣйствіемъ винта, приводимаго во вращеніе моторами аэростата, переносить во всѣ поясы земнаго шара и на всѣ высоты,— выше и ниже уровня океана,— и аэростатъ сохранитъ свою подъемную силу неизмѣнной.

Но когда же разность температуръ постоянна, и можетъ ли она быть такою?

Днемъ и ночью, въ пасмурную погоду, температура внѣ и внутри аэростата одна и та-же, такъ что разность температуръ, будучи нулемъ, конечно неизмѣнна.

Но вотъ мы выплыли въ пасмурную погоду, а между тѣмъ, во время воздушнаго пути, проясняется и изъ облаковъ выглядываетъ солнце.

Солнце нагрѣваетъ оболочку аэростата болѣе или менѣе сильно, смотря по цвѣту ея, высотѣ солнца и положенію его относительно продольной оси аэростата; отъ этого и газъ, заключенный въ оболочкѣ, нагрѣвается выше температуры окружающей атмосферы. Равновѣсіе нарушается, потому что подъемная сила увеличивается; аэростатъ энергично устремляется кверху и подымается до тѣхъ поръ, пока оболочка можетъ увеличивать свой объемъ; когда этому наступаетъ предѣлъ, аэростатъ, подняв-

шись съ меньшей силой еще на нѣкоторую высоту, — лопается.

Для избѣжанія такой печальной перспективы, надо было предварительно выпустить часть легкаго газа, чтобы уменьшить подъемную силу и, такимъ образомъ, возстановить равновѣсіе.

Прекрасно, — пусть этотъ способъ употребленъ нами и равновѣсіе соблюдено! Но что, если опять набѣгутъ тучи и скроютъ отъ насъ солнце! Тогда температура внѣ и внутри опять сравнивается, подъемная сила уменьшается и аэростатъ стремительно падаетъ.

Для избѣжанія этого новаго нарушенія равновѣсія, мы можемъ выпустить часть балласта. Пусть и это сдѣлано.

При новомъ появленіи солнца—опять, ради сохраненія подъемной силы въ неизмѣнности, — начинается та же исторія выпусканія газа, балласта и такъ далѣе.

Такъ что, послѣ 20 или 30 появленій солнца, что можетъ легко совершиться въ нѣсколько часовъ путешествія, аэростатъ потеряетъ, по крайней мѣрѣ, половину всего количества газа и выпуститъ весь грузъ.

Если бы не было другихъ менѣе первобытныхъ средствъ сохранять равновѣсіе, то воздухоплаваніе, по всей вѣроятности, вѣчно оставалось бы въ теперешнемъ зачаточномъ состояніи и примѣненія его не могли бы быть расширены.

Но есть средство и средство это, по пословицѣ: „клинъ клиномъ вышибай“, состоитъ въ искусственномъ повышеніи температуры легкаго газа,

когда она понижается — и въ искусственомъ пониженіи ея, когда она повышается; однимъ словомъ— въ сохраненіи постоянной разности температуръ между внутреннимъ газомъ и внѣшнимъ воздухомъ. Это искусственное измѣненіе температуры находится въ связи съ причиною самостоятельнаго горизонтальнаго движенія нашего воздушнаго корабля.

Дѣйствительно, если аэростатъ приводится въ поступательное движеніе огневыми машинами, напр.— силою газовыхъ и керосиновыхъ двигателей, работающихъ посредствомъ взрывовъ, то есть возможность искусственно измѣнять температуру аэростата. Для этого выпустимъ продукты горѣнія газа и керосина въ длинную металлическую трубу, помѣщенную внутри аэростата, вдоль его.

Труба эта нагрѣвается и своею горячею поверхностью нагрѣваетъ внутренность аэростата болѣе или менѣе сильно, смотря по работѣ огневыхъ двигателей. Чтобы поверхность, а слѣдоват. и вѣсъ ея достигнулъ минимума, ея поверхность вычернена снаружи и внутри, такъ что она поглощаетъ и лучеиспускаетъ тепло накаленныхъ газовъ съ наибольшею скоростью.

Напротивъ, чтобы тепло это сохранялось внутри аэростата возможно долѣе и чтобы нагрѣваніе газа было наибольшимъ, а потеря оболочкою тепла -наименьшимъ, поверхность послѣдней дѣлается гладкой и блестящей, что также способствуетъ и наименьшему нагрѣванію аэростата естественнымъ вліяніемъ солнечныхъ лучей, хорошо отражаемыхъ такой поверхностью.

Выпуская горячіе пары и газы, помимо трубы, на воздухъ, близъ кормовой части аэростата, мы тѣмъ понижаемъ его температуру до наименьшей степени.

Выпуская только часть горячихъ газовъ на воздухъ, мы понижаемъ температуру съ меньшею силою. Вообще, является возможность регулировать температурой легкаго газа между извѣстными предѣлами.

Какъ-же пользоваться искусственной температурой для борьбы съ естественными ея колебаніями?

Когда аэростатъ поднимается при полномъ блескѣ солнца, всѣ продукты горѣнія слѣдуетъ выпускать наружу, чтобы, въ случаѣ наступленія пасмурной погоды, можно было во время путешествія повысить температуру въ достаточной степени, пропуская продукты горѣнія черезъ трубу. Если, затѣмъ, вѣтеръ сгонитъ тучи и солнце опять засіяетъ, то накаленные газы снова выпускаются въ достаточномъ количествѣ наружу, аэростатъ-же предоставляется нагрѣванію солнца.

Когда эростатъ направляется въ путь при пасмурной погодѣ, то, очевидно, онъ заранѣе нагрѣвается искусственно, такъ что, при появленіи солнца, газы выпускаютъ наружу, чѣмъ устраняется излишняя температура.

Вообще, когда можно ждать въ предстоящемъ путешествіи только уменьшенія разности температуръ,—аэростатъ уравновѣшивается при наименьшей температурѣ легкаго газа, т. е. продукты горѣнія цѣликомъ выпускаются наружу; когда ждутъ только увеличенія разности темпер., — всѣ горячіе

тазы пускаютъ въ дѣло для наибольшаго нагрѣванія внутренности аэростата; наконецъ, когда можно ждать и увеличенія и уменьшенія этой разности, то только половину продуктовъ горѣнія пропускаютъ въ черную трубу, чтобы имѣть возможность бороться и противъ повышенія и противъ пониженія температуры внутренняго газа.

Вычисленія, основанныя на опытахъ, показываютъ, что, при блестящей металлической поверхности среднихъ размѣровъ аэростата и при могучихъ двигателяхъ, достаточныхъ для приведенія его въ быстрое поступательное движеніе, — не только вполнѣ возможно сохранять равновѣсіе вышеприведеннымъ способомъ, но даже — произвольно подыматься и опускаться, посредствомъ легкихъ искусственныхъ уклоненій отъ постояннаго отношенія температуръ, необходимаго для равновѣсія аэростата.

Замѣтимъ, что сжигая въ извѣстной пропорціи газъ и керосинъ для работы двигателей, равновѣсіе воздушнаго корабля не будетъ нарушаться. Въ самомъ дѣлѣ, на сколько увеличивается подъемная сила отъ сжиганія керосина, на столько она можетъ уменьшаться отъ сгоранія легкаго газа.

Способъ подогрѣванія аэростата имѣетъ еще и то преимущество, что сохраняетъ постояннымъ объемъ газовмѣстилища, если, впрочемъ, не измѣняются температура и давленіе воздуха, которыя на практикѣ хотя и измѣняются, но, при постоянной высотѣ аэростата надъ уровнемъ моря, — довольно медленно и плавно. Не будь подогрѣванія, объемъ газовмѣстилища подвергался бы черезчуръ

частымъ и сильнымъ измѣненіямъ, что нельзя считать полезнымъ ни въ какомъ отношеніи.

Опыты и вычисленія также показываютъ, что поверхность черной трубы, куда пропускаютъ продукты горѣнія, составляетъ лишь малую часть поверхности аэростата, а потому устройство и помѣщеніе ея внутри аэростата не можетъ представлять трудностей.

VIII.

Поступательное движеніе аэростата.

И безъ «присяжной» астрономіи и геометріи можно уяснить себѣ, что величина солнца громадна; подобно этому можно доказать, что управленіе аэростатомъ, не смотря на существованіе вѣтра, есть вещь весьма и весьма возможная. Послѣ такихъ предварительныхъ соображеній мы приступимъ и къ болѣе точному обсужденію этого вопроса, посредствомъ вычисленій.

Положимъ сначала, что воздушный корабль имѣетъ тѣ же размѣры и форму, какъ и морской пароходъ и что помѣщены они въ неподвижныя жидкости: одинъ—въ неподвижный воздухъ, другой — въ неподвижную воду. Спрашивается — почему аэростатъ не можетъ имѣть тѣхъ-же скоростей, какъ и пароходъ?

На это часто отвѣчаютъ, что воздухъ представляетъ опору для винта, приводящаго въ движеніе аэростатъ, въ 760 разъ болѣе подвижную, чѣмъ

вода и потому аэростатъ не можетъ двигаться съ тою-же скоростью.

— Но, позвольте, хотя опора и подвижнѣе въ 760 разъ, но вѣдь и разсѣкать воздухъ аэростату въ 760 разъ легче, чѣмъ кораблю воду; такъ что опора вполнѣ соотвѣтствуетъ одолѣваемому сопротивленію.

Еще возражаютъ: подъемная сила аэростата въ 760 разъ меньше, чѣмъ парохода и потому двигатели аэростата не могутъ быть такъ сильны, какъ на кораблѣ.

— Отлично, но вы опять забыли, что именно такіе слабые двигатели и требуются для аэростата, такъ какъ среда, въ которой онъ плаваетъ, разсѣкается имъ въ 760 разъ легче, чѣмъ вода пароходомъ.

Говорятъ также, что аэростатъ не довольно тяжелъ въ сравненіи съ вѣсомъ вытѣсненной имъ среды,—не такъ напримѣръ, какъ птица, вѣсъ которой разъ въ 600 больше вѣса вытѣсненнаго ею воздуха, и потому-де первый не можетъ противодѣйствовать средѣ съ такою силою, какъ вторая.

Правда, вѣсъ аэростата съ грузомъ и со всѣми аксессуарами только равенъ вѣсу вытѣсненной имъ среды; но вѣдь и вѣсъ парохода, или даже броненосца равенъ вѣсу вытѣсненной ими среды, что однако не мѣшаетъ имъ справляться съ водною стихіею. Стало-быть, того же нужно ждать и отъ аэростата.

Съ другой стороны мы видимъ, что мелкія насѣкомыя въ 700 разъ болѣе плотныя, чѣмъ окружающая ихъ среда, летаютъ плохо, такъ что не могутъ справиться даже съ легкимъ противнымъ вѣтромъ;

слѣдовательно, не въ относительномъ только вѣсѣ дѣло.

Итакъ, все говоритъ намъ, что аэростаты тѣхъ-же размѣровъ и формы, какъ корабли, могутъ двигаться съ такою-же скоростью, какъ океанскія суда, быстрота движенія которыхъ доходитъ до 30 — 40 километровъ въ 1 часъ.

Но и этого, скажутъ, для аэростата недостаточно, въ виду быстрыхъ воздушныхъ теченій, дѣйствію которыхъ онъ подвергается.

Но, во-первыхъ, къ аэростатамъ мы можемъ примѣнить болѣе энергичные двигатели, основанные на взрывахъ газовъ и парообразнаго керосина, смѣшаннаго съ воздухомъ,—во-вторыхъ,—размѣры аэростатовъ могутъ быть больше размѣровъ корабля, отчего и скорость аэростатовъ можетъ быть больше скорости парохода.

Относительно взрывчатыхъ машинъ привожу въ примѣръ двигатели системы Г. Яковлева, которые уже при восьми-сильной машинѣ на каждые пять пудовъ своего вѣса даютъ болѣе одной паровой лошади.

Замѣтимъ, что вообще моторы, устройство которыхъ основано на взрывахъ, теоретически могутъ быть чрезвычайно легки и сильны, ибо такіе двигатели не требуютъ приспособленій, соотвѣтствующихъ паровикамъ паровыхъ машинъ. Это свойство ихъ дозволило даже примѣнить ихъ къ сооруженію летательныхъ снарядовъ Адера и Труве, держащихся въ воздухѣ посредствомъ крыльевъ. Правда, снаряды эти пока представляютъ только одну попытку, но самый фактъ стремленія примѣнить взрывчатые-

двигатели къ такому дѣлу указываетъ на чрезвычайную ихъ энергію.

Относительно размѣровъ аэростатовъ и всякихъ приборовъ—живыхъ или мертвыхъ, — двигающихся такъ или иначе, въ водѣ или въ воздухѣ, можно привести въ примѣръ большія и малыя суда, большихъ и малыхъ рыбъ и, наконецъ, — большихъ и малыхъ летающихъ въ атмосферѣ животныхъ.

Всѣ эти примѣры и безъ вычисленій указываютъ намъ, что плавающіе приборы малыхъ размѣровъ никогда не могутъ имѣть той скорости, которую пріобрѣтаютъ живые и неживые приборы значительныхъ размѣровъ: лодка никогда не сравнится въ скорости съ крейсеромъ, пескарь не сравнится съ китомъ и муха не обгонитъ ни ласточки, ни тѣмъ болѣе—орла.

Итакъ, употребляя взрывчатые моторы, хотя и далеко не столь энергичные, какіе необходимы для летанія посредствомъ крыльевъ и о которыхъ мы пока и мечтать не смѣемъ, — и давая аэростатамъ размѣры болѣе значительные, чѣмъ кораблямъ, мы можемъ достигнуть для воздушныхъ кораблей быстроты въ неподвижной средѣ, т. е. въ спокойной атмосферѣ, гораздо большей, чѣмъ какую имѣютъ лучшія морскія суда.

Положимъ, что аэростатъ имѣетъ, напр., скорость до 60 километровъ въ 1 часъ, и представимъ себѣ, что на него, уже пріобрѣтшаго такую скорость, задулъ противный вѣтеръ такой-же силы. Въ этомъ случаѣ аэростатъ будетъ неподвиженъ относительно земли, потому-что насколько онъ пройдетъ впередъ собственными силами, настолько-же его и снесетъ

теченіемъ воздуха. Если-бы скорость вѣтра была менѣе 60 километровъ, то, очевидно, аэростатъ могъ бы двигаться въ любую сторону: противъ вѣтра медленнѣе, а по вѣтру—быстрѣе своей нормальной скорости.

Но когда-же скорость вѣтра у поверхности земли бываетъ въ 60 километрахъ?!

— Только нѣсколько разъ въ году; притомъ аэростатъ въ эти дни можетъ не летѣть противъ воздушнаго тока, а даже пользоваться попутнымъ вѣтромъ, уклонившись въ ту или другую сторону отъ его направленія, смотря по надобности. Средняя скорость вѣтра близъ земной поверхности не болѣе 20 килом. въ часъ, а такую скорость нашему аэростату одолѣть не трудно. Только въ высшихъ слояхъ атмосферы она гораздо больше, но туда аэростатъ можетъ залетать лишь при благопріятномъ вѣтрѣ.

Кромѣ того, летая широкими лѣсными просѣками или заслоняясь аллеей деревьевъ, которыми обыкновенно обсаживаются большія дороги, воздушный корабль будетъ вполнѣ почти защищенъ отъ противныхъ теченій. Онъ можетъ также летать по руслу рѣкъ, одинъ изъ береговъ которыхъ нерѣдко бываетъ нагорнымъ,—по опушкѣ лѣсовъ, которыми такъ богата сѣверная Россія и Сибирь. Не знаю, насколько было бы трудно устроить въ первобытныхъ лѣсахъ широкія просѣки! Во всякомъ случаѣ дорога аэростата можетъ имѣть самый неправильный видъ, такъ какъ подъемы и спуски аэростату не представляютъ ни малѣйшихъ трудностей: ни ямины, ни колдобины,

ни болота, ни овраги, ни рѣки—ничто подобное ему не помѣшаетъ.

VIII.

Теперь сдѣлаемъ подробныя математич. счисленія какъ относительно самостоятельнаго движенія аэростата, такъ и относительно искусственнаго измѣненія его температуры (гл. IX).

Прежде всего замѣтимъ, что складки на поверхности аэростата такъ мелки и такъ плавны, что ни коимъ образомъ не могутъ замѣтно повліять на сопротивленіе, испытываемое имъ при его движеніи въ воздухѣ.

Имѣемъ:

№ 83... $k_o + k_г + k_п + k_д + k_л + k_m = 1$, гдѣ (k_o), $(k_г)$ и проч. суть коефиціенты—оболочки, газа, пассажировъ, двигателей, ладьи и топлива, или—отношенія вѣсовъ — оболочки (B_o), газа $(B_г)$ и проч. къ полной подъемной силѣ корабля $(V.\,П_ж.)$, такъ что:

№ 84... $K_o = \frac{B_o}{V.П_ж}$, № 85... $K_г = \frac{B_г}{V.П_ж} = \frac{d_g}{П_ж}$,

№ 86... $K_п = \frac{B_п}{V.П_ж}$, № 87... $K_д = \frac{B_д}{V.П_ж}$,

№ 88... $K_л = \frac{B_л}{V.П_ж}$, $K_m = \frac{B_m}{V.П_ж}$. Тутъ $(П_ж)$ есть плотность жидкости, въ которой плаваетъ корабль.

Какъ извѣстно, давленіе жидкости на плоскость, движущуюся въ ней нормально, неболѣе

№ 90... $D = П_щ.\ \frac{П_ж.C_к^2}{g}$, гдѣ $(C_к)$ есть скорость

движенія пластинки, (g)—ускореніе земной тяжести, ($П_ж$)—плотность жидкости и ($П_щ$)—площадь пластинки, въ примѣненіи къ кораблю, приблизительно равная № 91... $П_щ = \pi . y_1^2$; ($2y_1$)—наибольшій поперечный діаметръ корабля.

Вслѣдствіе заостренія послѣдняго съ обоихъ концовъ, давленіе на него жидкости въ нѣсколько разъ уменьшается ($y_ф$ = утилизація формы) противъ теоретическаго давленія (№ 90). Поэтому давленіе среды на движущійся корабль можемъ положить равнымъ

$$№\ 92...\quad Д = \frac{\pi . y_1^2 . П_ж . C_к^2}{g . y_ф .} .$$

Работа, совершаемая кораблемъ для разсѣченія жидкости, равна № 93... $P_к = П_р . Д$; тутъ ($П_р$) есть пространство, пройденное кораблемъ.

Такъ какъ корабельный винтъ не имѣетъ неподвижной опоры, какъ напр. колеса локомотива, то часть работы корабельныхъ двигателей безплодно пропадаетъ и только остальная часть ($k_в$) идетъ на проложеніе пути для корабля. Итакъ, съ другой стороны, имѣемъ: № 94... $P_к = K_в . P_д$, гдѣ ($P_д$) есть работа двигателей. Далѣе—№ 95... $P_д = M_э . T_т . B_т . У_т$; здѣсь работа корабельныхъ двигателей выражена произведеніемъ механическаго эквивалента тепла на теплоту топлива (количество тепла, выдѣляемаго единицею вѣса сгорѣвшаго топлива), на вѣсъ топлива и на утилизацію тепла моторами корабля.

Изъ четырехъ послѣднихъ уравненій, исключая ($Д$), ($P_к$) и ($P_д$), найдемъ:

$$№\ 96...\ Пр = \frac{g . k_в . M_э . У_ф . T_т . B_т . У_т}{\pi . y_1^2 . П_ж . c_к^2} .$$

Выключая отсюда (B_m), посредствомъ № 89 и потомъ—(V), посредствомъ № 62, получимъ:

$$№\ 97...\ Пр = \frac{16 \cdot g}{15 \cdot C_к^2} \cdot M_э . K_в . У_ф . K_v . T_m . У_m . K_m . x_1;$$

(x_1), понятно, полу-длина аэростата или, вообще, корабля.

Примѣняя формулы № 93 и № 94 къ единицѣ времени, т. е. замѣняя $(П_р)$ скоростью $(c_к)$ и $(P_д)$ силою машинъ $(C_д)$, можемъ написать:

№ 98... $P_к = C_к . Д$ и № 99... $P_к = K_в . C_д$;

$(C_д)$ есть сила двигателей корабля, или работа, выдѣляемая ими въ 1 секунду. Изъ этихъ двухъ уравненій и № 92 получимъ:

$$№\ 100...\ C_д = \frac{\pi \cdot y_1^2 \cdot П_ж \cdot c_к^3}{g \cdot (k_в \cdot y_ф)}.$$

Силу машинъ $(C_д)$ можно замѣнить выраженіемъ № 101... $C_д = Э_н . B_д$, гдѣ $(Э_н)$ есть работа мотора въ 1 секунду, приходящаяся на единицу его вѣса.

Исключивши изъ № 100 $(C_д)$, $(B_д)$ и (V) посредствомъ уравненій № 101, № 87 и № 62, найдемъ:

$$№\ 102...\ C_к = \sqrt[3]{\frac{16}{15} \cdot g \cdot (y_ф \cdot k_в) \cdot k_v \cdot э_н \cdot k_д \cdot x_1}$$

Изъ этого уравненія вытекаютъ важныя истины. Напримѣръ, видно, что скорость корабля (воздушнаго или морскаго) не зависитъ отъ плотности среды, въ которой онъ плаваетъ, что мы уже предугадали безъ формулъ. Видно также, что скорость корабля пропорціональна кубическому корню изъ размѣровъ его (x_1). Приводимые ранѣе примѣры подтверждали ту-же истину, хотя и не столь опредѣлительно.

Можно еще задать вопросъ: остальныя величины, входящія въ формулу № 102, не будутъ-ли благопріятнѣе для парохода, чѣмъ для аэростата? Разберемъ эти величины по порядку.

1. Произведеніе ($y_ф \cdot k_в$) для аэростата можно положить таковымъ-же, какъ для корабля—при одинаковыхъ формахъ ихъ и одинаковыхъ относительныхъ размѣрахъ винтовъ.

2. Коефиціентъ объема (k_v) близокъ къ единицѣ и потому имѣетъ мало значенія.

3. ($Э_н$) или энергія машинъ парохода меньше, гдѣ не стѣсняются вѣсомъ ихъ и имѣютъ въ виду, главнымъ образомъ, экономію топлива; слѣдов., этотъ коефиціентъ благопріятнѣе для аэростата.

4. Коефиціентъ двигателей, или относительный вѣсъ ихъ ($k_д$) для морскаго корабля, повидимому, благопріятнѣе; дѣйствительно, изъ № 83, имѣемъ:

№ 103... $k_д = 1 - k_о - k_г - k_п - k_л - k_m$. А такъ какъ ($k_о$), или относительный вѣсъ оболочки аэростата гораздо больше, чѣмъ для порохода (и только броненосецъ можетъ въ этомъ отношеніи сравниться съ аэростатомъ), точно также какъ и коеф. газа ($k_г$) имѣетъ порядочную величину (не менѣе $\frac{1}{14}$), тогда какъ для броненосца онъ почти нуль,—то ясно, что ($k_д$) меньше для аэростата. За-то (k_m), т. е. относительный вѣсъ топлива для воздушнаго корабля вдвое меньше, такъ какъ тяжелое топливо сжигается на аэростатѣ наравнѣ съ газомъ, газъ-же не идетъ въ счетъ. Да и вообще, аэростату, предназначенному болѣе для суши (ибо для морей и океановъ не плохи и пороходы), нѣтъ надобности заби-

рать большихъ запасовъ топлива; это не то, что пароходу, которому приходится, не останавливаясь, переплывать тысячи верстъ. Думаю, что въ результатѣ ($k_д$) для аэростата не менѣе, чѣмъ для корабля.

5. Размѣры (x_1) идеальныхъ аэростатовъ, какъ мы видѣли, разъ въ 8 больше, чѣмъ для корабля, такъ что и скорость идеальныхъ аэростатовъ вдвое болѣе отъ этого.

Опредѣлимъ скорости и другія величины для двухъ аэростатовъ — № 67_1 и № 68_1 (смотрите образчики латуни и луженой жести); прочность ихъ выразится: для оболочки меньшаго аэростата—40, для оболочки большаго (выводъ изъ № 81)—20 (Minimum).

1. Формула № 100 даетъ средство вычислить произведеніе ($y_ф$. $k_в$). Изъ данныхъ о броненосцахъ (Сардинія, Трафальгаръ, Hoche, Чесма, Екатерина II, Синопъ), у которыхъ отношеніе длины къ ширинѣ $\left(\frac{x_1}{y_1}\right)$ равно около 5, можно видѣть, что это произведеніе не менѣе 15. Для полнаго сравненія аэростата съ кораблемъ, подводная часть послѣдняго удваивается и весь броненосецъ, такимъ образомъ получившій видъ элипсоида, погружается въ воду; поэтому данная сила корабельныхъ двигателей ($C_д$) также удваивается и лишь въ такомъ видѣ вставляется въ формулу № 100.

2. Употребляя керосиновые и газовые двигатели системы Е. А. Яковлева (С.-Петербургъ, Мытнинскій заводъ), про которые я говорилъ, что уже при 8 сильной машинѣ каждыя 4 или 5 пудовъ ея даютъ 1 лошадиную силу,—найдемъ энергію ($Э_н$) мо-

торовъ не меньшей 10 килограммо-дециметровъ (на 1 килогр. вѣса).

3) Вычисленія № 67_1 и № 68_1, основанныя на формулѣ № 67, даютъ для размѣровъ аэростата величины $2y_1 = 14$ м. ($6\frac{1}{2}$ саж.) и $2y_1 = 28$ м. (13 саж.), слѣдовательно $2x_1 = 98$ м. (46 саж.) и $2x_1 = 196$ м. (92 саж.); а для толщины оболочки — $T = \frac{1}{7}$ м. м. (образецъ латуни) и $T = \frac{1}{3}$ м. м. (обр. луженой жести).

4) Приблизительно, по тѣмъ же вычисленіямъ, принято: $K_г = \frac{П_г}{П_ж} = \frac{1}{4}$ и вѣсъ оболочки равнымъ вѣсу остального груза; поэтому $K_o = \frac{3}{8}$; оставшіяся $\frac{3}{8}$ подъемной силы мы распредѣлимъ такъ: $K_п = \frac{1}{8}$ (на пассажировъ); $K_m = \frac{1}{16}$ (топливо); $K_л = \frac{1}{16}$ (ладья и мелочи); $K_д = \frac{1}{8}$ (двигатели).

5) (K_v), какъ обыкновенно, равенъ 0,9.

По всѣмъ этимъ условіямъ, съ помощію уравн. № 102, вычислимъ для меньшаго аэростата: $C_к =$ 95 дец. въ 1 секунду или 34 километра въ 1 часъ (32 версты); для большаго вычислимъ: $C_к = 120$ дец. въ секунду, или 43 километра въ часъ (болѣе 40 верстъ).

По тѣмъ же условіямъ, съ помощію формулъ № 62, № 84, № 85, № 87, № 88 и № 89, найдемъ для меньшаго аэростата: объемъ аэростата $V =$

7312 куб. метровъ; подъемная сила $= V.\ П_ж = 9500$ килограммъ; $B_o = 3562$ к. г.; $B_n = 1188$ к. г. (12 человѣкъ); $B_л = 594$ к. г.; $B_m = 594$ к. г.; $B_д = 1188$ килограммъ; сила ихъ $= Э_н.\ B_д = 11880$ килогр.—дециметровъ, или около 12 метрич. лошадей, что составляетъ около 16 обыкновенныхъ паровыхъ лошадей.

Для бо̀льшаго аэростата получимъ: $V = 58500$ куб. метровъ; подъемная сила $= 76$ тоннъ (тонна—62 пуда); $B_o = 28\frac{1}{2}$ тоннъ; $B_n = 9\frac{1}{2}$ т. (100 человѣкъ); $B_л =$ (вѣсъ ладьи, цѣпей, руля и разныхъ мелочей) $= 4\frac{3}{4}$ тонны; $B_m =$ (топливо) $= 4\frac{3}{4}$ тонны; $B_д = 9\frac{1}{2}$ т.; сила ихъ $= Э_н.\ B_д = 95000$ килогр.-дециметровъ, т. е. 95 метр. силъ, или 127 обыкновенныхъ силъ.

Мы положили въ обоихъ примѣрахъ $(y_ф.\ k_в)$ равнымъ 15; но такъ какъ аэростатъ нашъ заостренъ (7) болѣе броненосца (5), то утил. формы $(y_ф)$ перваго должна быть больше утил. формы послѣдняго, и потому скорость аэростата можетъ доходить до 50 и болѣе километровъ въ 1 часъ.

Для бо̀льшаго аэростата толщина жести (образецъ) близка къ $\frac{1}{3}$ м. м.; если употребить на тотъ же аэростатъ матеріалъ вдвое тоньше (образецъ латуни), то $\left(K_o = \frac{3}{8}\right)$ коеф. оболочки будетъ вдвое меньше $\left(\frac{3}{16}\right)$ и эту экономію $\left(\frac{3}{8} - \frac{3}{16} = \frac{3}{16}\right)$ подъ-

емной силы можно пустить на усиленіе моторовъ аэростата. При этомъ сила ихъ $\left(\frac{3}{16}+\frac{1}{8}\right)$ увеличится въ $2^1/_2$ раза, а скорость движенія аэростата достигнетъ 58 километровъ и даже, принимая большую утилизацію формы,—68-ми километровъ въ 1 часъ (около 63 верстъ).

Не допуская усиленія моторовъ и бо̀льшей (15) утилизаціи формы аэростата, все-же найдемъ для идеальныхъ размѣровъ аэростата скорость (C_k) равной 62 кил. въ часъ.

Можно и еще привесть массу теоремъ и формулъ, какъ послѣдствія изъ приведенныхъ выше уравненій, но ограничимся пока изложеннымъ и приступимъ прямо къ опредѣленію наибольшей температуры искусственнаго нагрѣванія аэростата.

IX.

Я уже объяснялъ, какъ безпредѣльно важно имѣть возможность измѣнять температуру аэростата по произволу; объяснялъ я также, какъ это дѣлается,—не сказалъ только, что *опыты нагрѣванія солнцемъ*, при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ,—наполненнаго воздухомъ *сосуда изъ луженой жести* (смотрите образецъ), *показываютъ, что воздухъ внутри его не разогрѣвается выше, чѣмъ на 5 или на 6 градусовъ противъ температуры окружающей атмосферы.*

Поэтому и температура газа внутри аэростата искусственно должна измѣняться не менѣе, чѣмъ на 6 гр. цельсія.

Чтобы искусственная температура была наибольшей, конечно нужно, чтобы всѣ продукты горѣнія направлялись въ черную трубу, помѣщенную внутри аэростата, и чтобы наибольшая часть (коефиц. усвоенія $= K_y$) ихъ тепла усвоялась аэростатомъ.

Изъ уровн. № 95, примѣняя его къ единицѣ времени, т. е. замѣняя работу двигателей ($P_д$) силою двигателей ($C_д$), найдемъ количество тепла продуктовъ горѣнія въ единицу времени—

№ 104... $T_m . B_m = \frac{C_g}{M_э . y_m}$. Но такъ какъ часть ($y_m$) этого тепла переходитъ въ механическую работу двигателей аэростата, а остальная часть ($1-y_m$) усвояется не вся, то количество тепла, получаемаго аэростатомъ будетъ равно:

№ 105... $T_m . B_m (1-y_m) . K_y = \frac{C_д . (1-y_m) . K_y}{M_э . y_m}$.

Выключая изъ второй части этого уравненія ($C_д$) съ помощію уравн. № 101 и потомъ ($B_д$)—съ помощію уравн. № 87, найдемъ, что приходъ тепла равенъ—

№ 106... $\frac{Э_н . V . П_ж . K_д . K_y (1-y_m)}{M_э . y_m}$.

Съ другой стороны, секундная потеря тепла аэростатомъ равна—№ 107... $K_n . T . S$, гдѣ (T) есть разность температуръ внѣ и внутри аэростата, (S)—его поверхность, а (K_n)—коефиціентъ потери, или то количество тепла, которое выходитъ черезъ

блестящую единицу (кв. децим) поверхности аэростата въ теченіе секунды и при разности температуръ въ одинъ градусъ цельсія.

Этотъ *коефиціентъ опредѣлялся особыми опытами*, производимыми мною при условіяхъ, близкихъ къ тѣмъ, при которыхъ нагрѣвается и охлаждается нашъ аэростатъ.—Подвижное равновѣсіе тепла требуетъ, чтобы приходъ (№ 106) равнялся расходу (№ 107); поэтому напишемъ:

$$№\ 108... \frac{Э_н.\ V.\ П_ж.\ K_д.\ K_у.\ (1-y_m)}{M_э.\ y_m} = K_n.\ T.\ S.$$

Выключая отсюда (S) и (V), посредствомъ уравненій № 62 и № 63, и опредѣляя (T), получимъ:

$$№\ 109\ T = \frac{2.\ Э_н.\ K_v\ y_1.\ K_д.\ K_у.\ П_ж.\ (1-y_m)}{5.\ K_n.\ M_э.\ y_m.}$$

Положимъ тутъ: $Э_н = 10$ килограммо-децим. (двигатели г. Яковлева); $K_v = 0{,}9$; $y_1 = 140$ дец. (большой аэростатъ съ поперечникомъ въ 13 саженъ); $K_д = \frac{1}{8}$; $K_у = \frac{3}{4}$ (т. е. черная труба передаетъ $\frac{3}{4}$ проходящаго черезъ нее тепла); $M_э = 4240$ кил. дец.; $y_m = 0{,}1$; *(двигат. Яковлева)*; $K_n = \frac{1}{300.000}$ (онъ полученъ вышеупомянутыми опытами); $П_ж = \frac{1}{770}$;—тогда вычислимъ $T = 36^0$ цельсія.

Если сдѣлать такой же величины аэростатъ, но изъ матеріала вдвое тоньше (образецъ латуни), то является возможность, какъ мы видѣли, увеличить ($K_д$) въ $2^1/_2$ раза, отчего и (T) будетъ въ $2^1/_2$ раза больше (№ 109); именно $T = 90^0$ цельсія.

Изъ формулы № 109 видно, что разность температуръ (T) пропорціональна (y_1), т. е. размѣрамъ аэростата въ высоту; такъ что для меньшаго аэростата (поперечный діаметръ около $6^1/_2$ саженъ;— латунь) T будетъ равно 18^0 цельсія.

Итакъ, ясно, что борьба съ естественными колебаніями разности температуръ внутри и внѣ аэростата можетъ быть болѣе, чѣмъ успѣшна.

Высокая температура аэростата не только увеличиваетъ его подъемную силу, но и заставляетъ также падающій на его поверхность снѣгъ немедленно таять и стекать въ видѣ воды.

Благодаря самостоятельному движенію аэростата и охлажденію (усиленному) его поверхности встрѣчнымъ потокомъ воздуха, искусственное нагрѣваніе должно быть меньше, чѣмъ это мы вывели изъ опытовъ; но за-то, при этихъ условіяхъ, и естественное нагрѣваніе аэростата дѣйствіемъ солнечныхъ лучей должно настолько-же уменьшиться, такъ что соотвѣтствіе между тѣмъ и другимъ нагрѣваніемъ не должно нарушиться.

Равновѣсіе температуръ требуетъ, чтобы тепло, даваемое аэростату черной трубой, было равно теплу, теряемому аэростатомъ. Но такъ какъ разность температуръ между внутренностью черной трубы (съ ея горячими газами и парами) и внутренностью аэростата, по крайней мѣрѣ, въ 10 разъ больше, чѣмъ искусственное нагрѣваніе (T) воздушнаго корабля, а лучеиспускающая сила черной поверхности не менѣе чѣмъ въ 4 раза больше лучеиспусканія блестящей поверхности аэростата,—то и выходитъ, что черная труба, идущая по всей длинѣ его,

даже для бо̀льшаго аэростата (поперечникъ въ 28 метр., — около 13 саженъ), никакъ не превышаетъ одного метра въ діаметрѣ.

X.

Привожу здѣсь нѣкоторыя мысли о преимуществахъ воздухоплаванія передъ мореходствомъ, желѣзными дорогами и другими путями и средствами сообщенія.—

Корабль бьетъ и качаетъ волнами, отчего не только подвергается сильному испытанію прочность его устройства, *но и люди жестоко страдаютъ*, товары же и разные продукты портятся. На аэростатѣ этого не было замѣчено, какъ не было бы этого замѣчено на днѣ моря, или, еще лучше, на разстояніи нѣсколькихъ сотенъ метровъ отъ его поверхности—въ глубину.

Аэростаты вездѣ могутъ останавливаться: при всякомъ жиломъ или нежиломъ мѣстѣ суши; корабль—только въ пристаняхъ. Каждая искусственная или естественная полянка въ лѣсу можетъ служить аэростату прекрасною гаванью; хорошія же корабельныя пристани весьма рѣдки, да и удалены онѣ, въ большинствѣ случаевъ, отъ центровъ поселеній.

Къ тому же, аэростатъ доставляетъ товаръ или пассажировъ—точно, куда нужно, въ пункты даже недоступные ни для кого, кромѣ орловъ, ибо поднятіе и опусканіе аэростата совершается безъ малѣйшаго труда и расходовъ.

Корабль садится на мель, разбивается о скалы, берега, подводные камни, рифы и льдины; съ аэростатомъ этого не бываетъ, потому что путь его черезчуръ обширенъ и прозраченъ, «форватеръ» же всегда глубокъ, а если и «мелокъ», то аэростатъ всегда можетъ подняться надъ такимъ мѣстомъ, чего корабль морской, конечно, не въ силахъ сдѣлать.

Столкновеніе пароходовъ опасно, такъ какъ остовы ихъ тверды, несгибаемы и потому болѣе склонны къ разрушенію, чѣмъ аэростаты, которые гибки и прочны, почти какъ висящія веревки или паруса. Притомъ и столкновеніе аэростатовъ менѣе вѣроятно, въ виду ихъ движенія не въ поверхности, а въ пространствѣ.

Корабль, въ случаѣ несчастья, идетъ на дно моря—и товары и люди гибнутъ; аэростатъ идетъ на «дно» воздуха, т. е. часто на землю, для которой онъ преимущественно назначенъ, гдѣ люди и цѣнные товары спасаются. Корабль плаваетъ надъ водяной бездной; аэростатъ-же, если хочетъ, можетъ даже скрести землю и слѣдовать, безъ малѣйшей натуги, за всѣми крупными изгибами суши.

Аэростатъ, предназначенный, какъ я сказалъ, болѣе для суши, можетъ защитить себя отъ противныхъ вѣтровъ и бурь не только во время стоянки на якоряхъ, но и во время самаго движенія, заслоняясь лѣсами, или искусственной аллеей деревьевъ, которыми обыкновенно обсаживаются дороги; корабль же не только въ открытомъ морѣ, но и во время стоянокъ далеко не всегда имѣетъ надежную защиту отъ волненія и бурь.

Размѣры кораблей, а слѣдоват. и ихъ скорость,

ограничены мелкими гаванями, ничтожною глубиною рѣкъ, куда имъ приходится заходить, и громадною ихъ стоимостью; размѣры идеальныхъ аэростатовъ могутъ быть во много разъ больше, а потому—также и скорость ихъ.

Многія мѣста кораблю мало доступны: иногда — вслѣдствіе замерзанія моря или плавающихъ во множествѣ льдинъ, иногда по мелководью или вслѣдствіе обилія коралловыхъ построекъ, подводныхъ скалъ и камней. Другія мѣста опасны и безполезны, напр., по крутизнѣ береговъ. Аэростату, понятно, ничто подобное не препятствуетъ достигать желаемыхъ пунктовъ.

Корабль, на протяженіи огромныхъ пространствъ, не встрѣчаетъ ни земли, ни прѣсной воды, ни топлива; аэростатъ все это можетъ достать почти на каждомъ шагу.

Относительно воды это очевидно, относительно же топлива—я объяснюсь.

Дѣйствительно, ничто не мѣшаетъ аэростату приводить въ дѣйствіе свои двигатели однимъ газомъ (для чего температура аэростата понемногу искусственно повышается, чтобы подъемная сила его не падала отъ сжиганія газа), который можно добыть вездѣ, гдѣ есть дрова, распространеніе же ихъ почти повсемѣстно.

Аэростатъ можетъ и наоборотъ—жечь одинъ керосинъ, который найдется въ любомъ уѣздномъ городѣ или даже селѣ.

Итакъ, корабль долженъ дѣлать громадные запасы топлива, вѣсъ которыхъ поглощаетъ полезную

подъемную силу парохода; аэростату же нѣтъ нужды дѣлать этихъ запасовъ.

Притомъ, каменный уголь и дрова для кораблей находятся не у самыхъ гаваней, а должны къ нимъ подвозиться по особымъ путямъ изъ мѣстъ, иногда очень отдаленныхъ; аэростатъ-же, если предстоитъ надобность, можетъ самъ туда отправиться.

Впрочемъ, есть мѣста, гдѣ нѣтъ ни керосина, ни газа, кромѣ того, который заключается въ аэростатѣ, и въ такихъ обстоятельствахъ аэростатъ долженъ пользоваться запасами той энергіи, которая его держитъ въ воздухѣ, и запасами тяжелаго топлива. Мы выше предположили коеффиціентъ тяжелаго топлива равнымъ $^1/_{16}$. Сжигая одновременно и газъ и керосинъ (хотя это и не обязательно), найдемъ, что такого запаса хватитъ на 6 дней путешествія, причемъ аэростатъ пройдетъ среднимъ числомъ около 5.000 верстъ. (Машины г. Яковлева потребляютъ въ 1 часъ на силу $1^1/_2$ фунта керосина).

Въ отношеніи перевозки пассажировъ аэростатъ имѣетъ громадныя преимущества. Въ самомъ дѣлѣ, на кораблѣ принимается въ расчетъ, при взиманіи платы съ путешествующихъ, не столько вѣсъ ихъ, сколько занимаемое ими мѣсто.

Въ силу этого на кораблѣ, не смотря на его огромную подъемную силу, его ужасающую цѣнность, энергію машинъ и страшные денежные расходы, рѣдко размѣщается болѣе тысячи пассажировъ. Болѣе тѣсное помѣщеніе ихъ, вслѣдствіе качки и недостатка солнечнаго свѣта, было бы несравненно тягостнѣе, чѣмъ въ обыкновенныхъ условіяхъ,

напр., въ вагонахъ желѣзнодорожныхъ поѣздовъ. Кромѣ того, на кораблѣ должно быть оставлено и мѣсто для машинъ, топлива, пищи и воды—для умыванья и питья. На аэростатѣ такой тѣсноты быть не можетъ, число-же пассажировъ на немъ соотвѣтствуетъ его воздухоизмѣщенію, между тѣмъ какъ корабль принимаетъ только $^1/_{10}$ или $^1/_{20}$ долю того числа путешественниковъ, которое онъ можетъ поднять.

Такимъ образомъ, цѣнность аэростата, при одномъ числѣ пассажировъ съ кораблемъ, въ десятки разъ меньше цѣнности послѣдняго, также какъ и непрерывныя денежныя траты.

Дѣлать же суда малыхъ размѣровъ невыгодно уже и потому, что при малыхъ размѣрахъ, онѣ не будутъ достигать надлежащей скорости, сравнительное же число пассажировъ не увеличится.

Поверхность аэростата, по отношенію къ числу пассажировъ и, въ особенности, по отношенію къ грузу, гораздо больше, чѣмъ у корабля, и потому у аэростата должно бы больше разрушаться (ржавѣть) матеріалу, чѣмъ у корабля; но если принять въ соображеніе, что разъѣдающее дѣйствіе морской воды во много разъ сильнѣе дѣйствія падающаго иногда дождя и снѣга, тающаго и стекающаго съ теплой поверхности аэростата, то станетъ ясно, что и въ этомъ отношеніи перевѣсъ скорѣе на сторонѣ воздушнаго корабля.—

Сравнимъ теперь аэростатъ съ желѣзными дорогами.

Желѣзная дорога только тогда выгодна, когда она построена въ густо заселенномъ и торговомъ

мѣстѣ, т. е. когда она имѣетъ довольно работы. Для странъ же первобытныхъ, пустынныхъ, хотя и обильныхъ естественными богатствами, она долго, долго существуетъ въ убытокъ строителямъ.

Расходы на построеніе желѣзнаго пути нельзя соизмѣрять съ ожидаемою отъ него доходностью, расходы же на воздушное сообщеніе всегда можно сообразовать съ доходностью мѣстъ, гдѣ оно предполагается. Можно всегда выстроить столько аэростатовъ, чтобы потребность страны въ передвиженіи грузовъ и пассажировъ была строго удовлетворена ими.

Напр., на Сибирь нашу, для начала, можетъ быть было-бы довольно какой нибудь сотни аэростатовъ, которые и всѣ то стоютъ три милльона. А выстройте-ка дорогу,—она вамъ какъ разъ обойдется въ 300—400 милліоновъ; а сколько непрерывныхъ расходовъ по эксплоатаціи потребуетъ, сколько мукъ и хлопотъ—не исчислить!

Аэростаты, если только не настроено ихъ очень много, могутъ разсчитывать на самый высокій перевозочный тарифъ и даже трудно вообразимую доходность. Дѣйствительно, будутъ ли они нуждаться въ пассажирахъ и грузахъ, когда ихъ дороги проложены повсюду и всегда: черезъ болота, тундры, лѣса, пустыни, озера, овраги, горы—въ грязь и слякоть, когда радъ сколько хочешь дать, только перевези—облагодѣтельствуй!

Сдѣлайте серебряный аэростатъ — и онъ вамъ будетъ давать 100% чистой прибыли на затраченный капиталъ; даже аэростатъ изъ червоннаго золота дастъ приличный процентъ!

Справедливость этихъ словъ мы сейчасъ докажемъ примѣрною смѣтою расходовъ и доходовъ аэростата, для чего воспользуемся вышеприведенными вычисленіями относительно аэростатовъ въ $6^1/_2$ саженъ (14 метр.) высоты и въ 13 саженъ (28 метр.) высоты.

Пожалуй, для удобства, соберемъ эти данныя здѣсь въ одну небольшую таблицу:

	$2y_1$	$2x_1$	B_o	$C_к$	V	$B_д$	$C_д$	$B_п$	$B_л$	$B_т$
Малый аэр.	14	98	3562	34	7312	1188	12	1188	594	594
Больш. аэр.	28	196	28500	43	58500	9500	95	9500	4750	4750

Тутъ размѣры выражены въ метрахъ, вѣса—въ килограммахъ, скорость въ часъ—въ километрахъ, объемъ (V)—въ кубич. метрахъ и сила—въ метрическихъ лошадяхъ, каждая изъ которыхъ равно 1000 килограммо-децим. въ 1 секунду, или $\frac{4}{3}$ обыкновенной паровой лошади.

Если сдѣлать малый аэростатъ латуннымъ (образецъ), то цѣнность оболочки не превзойдетъ 3560 р. (по рублю за килогр.); цѣнность двигателей Е. А. Яковлева, по каталогу, не болѣе 3000 руб.; итого, около 7000 р. Устройство ладьи, руля, винтовъ и другихъ приспособленій, а также устройство оболочки (хотя и крайне однообразное и нетрудное) можетъ удвоить эту сумму, которую мы доведемъ до 15000 рублей. При этомъ мы, конечно, не считаемъ первоначальныя единовременныя затраты на предварительные опыты, на устройство верфи и другихъ

вещей, которыя могутъ послужить для сооруженія весьма многихъ аэростатовъ.

Аэростатикъ этой цѣны и величины можетъ перевезти въ сутки 10 человѣкъ пассажировъ (и двухъ управляющихъ имъ) на разстояніе, не меньшее, среднимъ числомъ, 600 верстъ.

Полагая съ каждаго человѣка за 1 версту по 5 к., что соотвѣтствуетъ платѣ въ I классѣ желѣзно-дорожныхъ поѣздовъ (на лошадяхъ—дороже, на пароходѣ «добровольнаго флота» — отъ 3 до 15 коп.), найдемъ суточный доходъ со всѣхъ десяти пассажировъ въ 300 руб., что составитъ въ 300 удобныхъ для воздухоплаванія дней годовой доходъ въ 90000 кр. рублей. Изъ этого вычтемъ расходы. По даннымъ о двигателяхъ Е. А. Яковлева, каждая лошадиная сила требуетъ въ часъ $1^1/_2$ фунта керосина; слѣдов., пойдетъ его въ годъ не болѣе 150000 фунтовъ, на сумму въ 4500 рублей, кладя по 3 копѣйки за 1 фунтъ.

Если половина машинъ работаетъ газомъ, то расходы отъ этого почти не измѣнятся; не измѣнятся они и при исключительномъ употребленіи газа.

Полагая, далѣе, на служащихъ 2500 рублей, а на ремонтъ моторовъ аэростата, на смазочное масло и другіе подобные расходы 1000 рублей, и вычитая всѣ эти расходы изъ валоваго дохода, получимъ чистую прибыль въ 82000 рублей, что составитъ 547% съ затраченнаго капитала (15 тысячъ).

Если-бы этотъ затраченный капиталъ былъ въ 5 разъ больше, а перевозочный тарифъ въ 5 разъ меньше (1 коп.), то и тогда бы чистая прибыль составила болѣе 20% съ капитала.

Изъ приведенной смѣты, между прочимъ, видно, что расходы на тяжелое топливо не составляютъ существенной важности, такъ что, если и увеличить ихъ въ два—три раза, сжигая, напр., бензинъ или газолинъ,—доходность аэростата отъ того почти не пострадаетъ. Думаю, что можно построить взрывчатые двигатели, хотя и менѣе экономные, чѣмъ двигатели г. Яковлева, но за то и несравненно болѣе энергичные, отчего скорость аэростата можетъ значительно возрасти.

Не взирая на несомнѣнную доходность маленькихъ аэростатовъ и нѣкоторыя ихъ преимущества, какъ-то—прочность ихъ оболочекъ и удобство укрыванія ихъ въ лѣсныхъ просѣкахъ отъ бурь и противныхъ вѣтровъ, я гляжу на нихъ скорѣе, какъ на переходную ступень къ высшимъ типамъ.

Вотъ болѣе прибыльная смѣта желѣзнаго аэростата въ 28 метровъ (13 саж.) высоты, двигающагося со скоростью 40 верстъ въ часъ.

Стоимость желѣзной оболочки, кладя по 20 коп. за килограммъ, — 5700 рублей, а съ устройствомъ ея, ладьи и установкою машинъ,—положимъ 10.000 рублей. Газъ стоитъ около 4000 р.; 127 сильная машина (95 метр. лошадей) — не болѣе 20.000 (по торговому каталогу). Итого, весь аэростатъ стоитъ 34.000 р.

Годовой доходъ отъ пассажировъ, на прежнихъ основаніяхъ, равенъ 1.104.000 р. (40 верстъ въ часъ, 92 пассаж.). Расходъ на топливо — 12.000 рублей; на жалованье тремъ служащимъ—6000 рублей; ремонтъ машинъ аэростата, смазка и проч.—2000 рублей. Итого, весь расходъ годовой составляетъ 20.000

рублей; слѣдов., чистый барышъ—1.084.000 рублей, что составитъ 3200% съ затраченнаго капитала.

Если-бы брать съ пассажировъ по 1 коп. за версту, т. е. въ $1\frac{1}{2}$ раза дешевле, чѣмъ съ третьеклассныхъ пассажировъ желѣзно-дорожныхъ поѣздовъ, то и тогда чистая прибыль составила-бы 201.000 рублей, или 600% съ капитала. Если брать по $\frac{1}{2}$ копѣйкѣ, то барышъ составитъ 240%; если брать по $\frac{1}{4}$ коп., то и тогда барышъ будетъ болѣе 100%. Такой же будетъ барышъ, если перевозить товаръ по $\frac{1}{25}$ к. съ пуда и версты.

Привожу все это, конечно, не съ тѣмъ, чтобы допустить брать такой безбожный процентъ, а съ тѣмъ, чтобы показать, что расходы во всякомъ случаѣ окупятся доходами.

Для аэростатовъ бо́льшихъ размѣровъ, смѣты которыхъ я тутъ не помѣщаю, такъ какъ такіе аэростаты рѣшительно пугаютъ воображеніе, тарифъ можно довести до $\frac{1}{100}$ копѣйки съ пуда и версты и менѣе.

Этотъ тарифъ чуть не безконечно понижается для аэростатовъ, лишенныхъ сильныхъ двигателей и сплавляющихъ товаръ, почти по теченію вѣтра, съ баснословною быстротою (среднимъ числомъ—1000 верстъ въ сутки), для чего аэростатъ поднимается на нѣкоторую высоту, гдѣ скорость воздушныхъ теченій раза въ два болѣе, чѣмъ у самой поверхности земли. Жаль только, что аэростаты, лишенные могучихъ двигателей и высокой внутренней температуры, не всегда съ удобствомъ могутъ совершать свои путешествія, а только тогда, когда естественная разность температуръ между внутрен-

нимъ газомъ и внѣшнимъ воздухомъ или мало измѣняется, или только можетъ уменьшаться.

Чтобы ярче понять, какимъ образомъ аэростатъ, стоющій 34000 рублей и поднимающій какую нибудь сотню пассажировъ, оказывается весьма выгоднымъ,—сравнимъ плоды его движенія съ результатами работы обыкновенныхъ лошадей. Сколько нибудь сносная ѣзда по дорогамъ средней доброты требуетъ пару лошадей на пассажира, или 184 лошади на 92 человѣка. Но аэростатъ пролетаетъ въ день пространство въ 10 разъ большее, чѣмъ пробѣгаютъ лошади, такъ что его полезная работа соотвѣтствуетъ труду 1840 лошадей и, по меньшей мѣрѣ, 500 кучеровъ.

Стало быть, каждая такая «воздушная лошадь», при построеніи аэростата, единовременно обходится въ 18 рублей. На основаніи предыдущихъ смѣтъ, содержаніе «ея» стоитъ около 3 коп. въ 1 день! А что стоитъ дневное содержаніе натуральной лошади, что стоитъ уходъ за нею?...

Это—выгоды владѣльцевъ и содержателей аэростатовъ; но и выгоды путешествующихъ не менѣе очевидны.

Во-первыхъ, выигрываетъ ихъ спина и кости, выигрываетъ здоровье, крѣпость котораго не испытывается ни холодомъ, ни сыростью и проливнымъ дождемъ, ни другими прелестями погоды; во-вторыхъ, путешествующій выигрываетъ время: изъ 10 дней путешествія онъ выигрываетъ 9 дней; сбереженіе замѣтное. Выигрываютъ его глаза, его эстетическое чувство, въ особенности, когда аэростатъ, при болѣе или менѣе попутномъ вѣтрѣ, поднимает-

ся на высоту нѣсколькихъ сотъ саженъ. Дѣйствительно, не платятъ ли безумныхъ денегъ за десятиминутное пребываніе на привязанномъ аэростатѣ и не употребляютъ ли великихъ усилій, чтобы взобраться на гору и насладиться оттуда видомъ! На сколько-же виды съ аэростата прекраснѣе этихъ жалкихъ по своему однообразію понорамъ!...

XI.

Позволю себѣ здѣсь привесть нѣкоторыя (вѣроятныя) соображенія о возможности установить регулярное воздушное сообщеніе между крайними пунктами Сибири.

Я уже не разъ упоминалъ, что деревья представляютъ хорошую защиту отъ неблагопріятныхъ воздушныхъ теченій,—въ особенности, для аэростатовъ небольшихъ размѣровъ въ высоту, каковы проектированые нами.

Сибирь-же, какъ извѣстно, покрыта до самыхъ тундръ великолѣпными лѣсами (тайгой).

Хотя аэростатъ и можетъ пользоваться защитою деревьевъ, направляя свой путь по рѣчнымъ долинамъ, осѣненнымъ деревьями, и по большимъ сибирскимъ трактамъ, но тракты эти не на всемъ пути достаточно широки и достаточно прикрыты деревьями, долины-же рѣкъ, кромѣ того, и черезчуръ извилисты. Поэтому, я полагаю, что лучше всего сдѣлать искусственныя просѣки, выбирая мѣста, покрытыя высокимъ лѣсомъ (но, въ то же время, выгодныя и въ экономическомъ отношеніи)

и не обращая ни малѣйшаго вниманія на встрѣтившіяся на пути рѣки, овраги, крутые спуски и подъемы почвы и проч.

Чтобы устроить просѣку метровъ въ 50 ширины (24 саж.) и въ 4000 километровъ (менѣе 4000 верстъ) длины, надо срубить 10 милліоновъ деревьевъ, полагая, что каждое занимаетъ площадь въ 20 кв. метровъ (менѣе 5 кв. саж.). Нѣтъ надобности убирать деревья,—надо только повалить ихъ, что обойдется, при посредствѣ спеціальныхъ приспособленій, никакъ не дороже одного милліона рублей (по 10 коп. за дерево).

Воздушная рѣка эта, окаймленная грандіозными двадцати-саженными пихтами и елями, составитъ прекрасную дорогу для аэростатовъ и въ томъ случаѣ, когда вѣтеръ дуетъ противный.

Полезно придать нашему «каналу» немного извилистый видъ, который, увеличивая на какую-нибудь десятую долю путь, защититъ отъ вѣтра лучше, чѣмъ прямолинейный, въ которомъ вѣтеръ имѣетъ болѣе шансовъ разыграться.

Безъ всякаго особаго топлива, сжигая лишь часть $\left(\frac{1}{16}\right)$ газа, наполняющаго аэростатъ, послѣдній легко можетъ пройти, не останавливаясь, двѣ тысячи верстъ. Такимъ образомъ, для пополненія аэростата газомъ въ длинномъ пути, потребовалось бы всего только два газовыхъ завода.

Мы выстроимъ ихъ десятокъ (на разстояніи 400 верстъ другъ отъ друга), добывая газъ изъ дерева или изъ другихъ, находящихся на мѣстѣ продуктовъ.

Обойдется это, вмѣстѣ съ станціонными пріютами, много, много 500 тысячъ рублей.

Устроивши на $1^1/_2$ милліона (руб.) 40 штукъ аэростатовъ 13 саженной высоты, двигающихся со скоростью 40 верстъ въ 1 часъ, и заставляя ихъ крейсировать взадъ и впередъ по нашей «воздушной рѣкѣ» на равномъ разстояніи другъ отъ друга, найдемъ, что аэростаты будутъ уходить и приходить, напр., въ Николаевскъ и Тобольскъ каждый день по 4 раза, доставляя по 100 человѣкъ пассажировъ или по 10 тоннъ груза (620 п.), что составитъ въ сутки 400 пассаж. или 2500 пудовъ груза.

Не удовлетворитъ ли на первыхъ порахъ такое передвиженіе?!

Если-бы надо было отправлять въ сутки по 4 тысячи пассажировъ или по 25.000 пудовъ клади, то тогда потребовалось бы аэростатовъ въ 10 разъ больше (400); цѣнность ихъ составила бы около 15.000.000 кр. рублей; общая же сумма, съ устройствомъ просѣкъ, газовыхъ заводовъ и станцій, не превысила бы 17 милліоновъ рублей, между тѣмъ какъ одни расходы по эксплоатаціи желѣзной дороги,—предполагая ее протянувшейся, отъ востока къ западу, черезъ всю Сибирь, — и плата процентовъ на затраченный капиталъ составятъ не менѣе 30 милліоновъ кр. рублей въ годъ.

Сколько нибудь сносный проѣздъ отъ Одессы до Владивостока на пароходѣ стоитъ около 500 рублей; помножая это число на годовой проѣздъ пассажировъ (взадъ и впередъ) 400 воздушныхъ кораблей, найдемъ валовой доходъ съ 17 милліоновъ рублей въ годъ равнымъ 1.460 милліоновъ, или болѣе 8.000%

съ затраченнаго капитала, не вычитая сравнительно небольшіе расходы по эксплоатаціи! Если положить по 120 р. съ человѣка, то и тогда цыфра доходовъ получится не менѣе чудовищная, именно—2000%.

Понятно, предполагаемаго числа пассажировъ аэростатамъ на первое время не добыть, придется же имъ болѣе работать надъ перевозкой недорогой клади.

Но и для клади этотъ транспортъ весьма обширенъ; дѣйствительно, онъ соотвѣтствуетъ прибыванію въ Сибирь и отбыванію отъ нея, черезъ каждые пять дней, огромнаго парохода, везущаго полезный 1000 тонный грузъ (62.000 пудъ; считается одна кладь, порученная для перевозки за плату).

Поэтому первые расходы по воздухоплаванію, удовлетворяющему потребностямъ страны, не могутъ превысить трехъ милліоновъ кр. рублей.

Замѣтимъ, что транспортъ воздушный нельзя и сравнивать, по его плодотворности, съ морскимъ; послѣдній соединяетъ только крайніе пункты страны (и часть береговъ), да и то посредственно, первый-же—всѣ внутреннія области ея.

На весь главный путь (отъ котораго можно, съ теченіемъ времени, провесть побочныя вѣтви), изъ конца въ конецъ, нужно воздушному кораблю не болѣе 5 дней.

Въ самомъ дѣлѣ, когда вѣтеръ противный, аэростатъ углубляется въ лѣсную глушь и совершаетъ свободно 1000 верстъ въ сутки; когда же вѣтеръ болѣе или менѣе попутный, онъ поднимается на нѣсколько сотъ метровъ и совершаетъ въ день уже

$1^1/_2$—2 тысячи верстъ и болѣе. Въ общемъ, дневная скорость, конечно, болѣе 1000 верстъ и потому длинный путь длиненъ только по пространству, а не по времени.

Все, что здѣсь я высказалъ относительно Сибири, относится одинаково и къ Европейской Россіи, въ особенности, къ сѣверной ея части (южнѣе однако тундръ), столь богатой лѣсами.—

Если бы я ошибся въ силѣ сопротивленія воздуха движенію аэростата, если-бы я ошибся въ энергіи машинъ и въ совершенствѣ винта, который предполагался соразмѣрнымъ пароходному, если бы въ общемъ моя ошибка въ неблагопріятную сторону выразилась числомъ 8,—и тогда бы нашъ аэростатъ двигался со скоростью 20 верстъ въ 1 часъ, что было бы также вполнѣ достаточно для движенія въ лѣсной тиши. Думаю, впрочемъ, что мои вычисленія и предположенія клонились къ ошибкѣ скорѣе въ благопріятную, чѣмъ въ неблагопріятную сторону.

К. Ціолковскій.