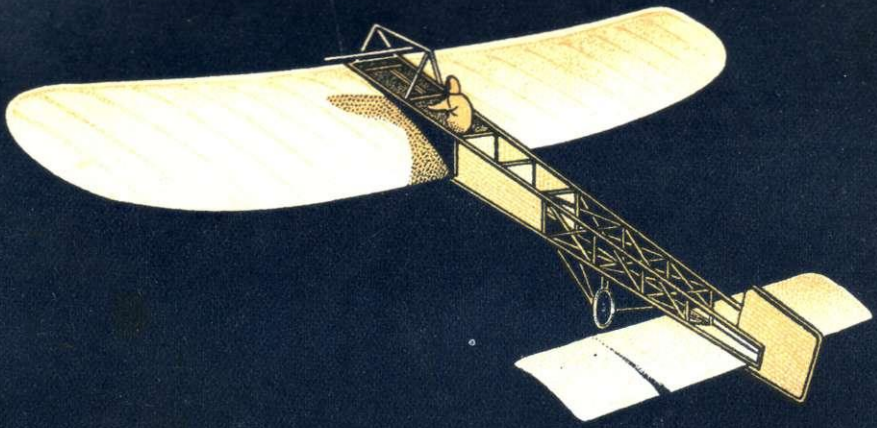


Б. БУБЕКИНЪ.



ЛЕТАТЕЛЬНЫЯ ════════
═══════════ МАШИНЫ

Б. Бубекинъ.

ЛЕТАТЕЛЬНЫЯ МАШИНЫ

ЛЕГЧЕ И ТЯЖЕЛѢ ВОЗДУХА

ИХЪ ПРОПЕЛЛЕРЫ И МОТОРЫ.

подъ редакціей

ПРОФ. Н. Е. Жуковского.

Межфакультетская Издательская Комиссія студентовъ
Московского Университета.



МОСКВА.

Т—во „Печатня С. П. Яковлева“. Петровка, Салтык, пер., д. Т—ва, № 9
1910.

Вопросъ воздухоплаванія въ настоящее время можетъ считаться разрѣшеннымъ, и лишь остается технику усовершенствовать современные направляемые аэростаты и машины тяжелѣе воздуха — аэропланы.

Цѣль этой брошюры болѣе полно и основательно ознакомить интересующихся разрѣшеніемъ этого вопроса — съ одной стороны, а съ другой — дать болѣе правильное представленіе о летательныхъ машинахъ широкимъ кругамъ читателей, чѣмъ то дѣлаютъ многочисленный теперь появившіяся книжки, изобилующія ошибками, неточностями и отличающіяся неяснымъ изложеніемъ.

Принципъ — легче воздуха.

Вѣковую мечту человѣчества — перемѣщаться по воздуху осуществляютъ направляемые аэростаты и аэропланы.

Сначала остановимся на аэростатахъ (*Dirigeable* — направляемый) — принципъ легче воздуха.

Аэростатъ съ его моторомъ, винтами, рулями и пассажирами поднимается потому, что онъ легче воздуха, т.-е. его вѣсъ меньше, чѣмъ вѣсъ вытѣсненнаго имъ воздуха.

Воздушный корабль — аэростатъ состоитъ изъ двухъ существенныхъ частей: собственно аэростата — оболочки, заключающей въ себѣ легкой газъ водородъ, — дающаго грузоподъемную силу, и соединенной съ нимъ гондолы съ двигателемъ и прочими частями, дающей кораблю движеніе.

Вѣсъ одного куб. метра воздуха — 1,293 kgr. (при 760 m/m. и 0° С), а водорода, добываемаго для цѣлей воздухоплаванія (не химически чистаго), — 0,189 kgr.; такимъ образомъ, каждый куб. метръ водорода даетъ грузоподъемную силу около 1,100 kgr. Для поднятія опредѣленнаго груза требуется опредѣленный кубическій объемъ аэростата.

Если мы будемъ двигать въ воздухѣ какое-нибудь тѣло, площадь поперечнаго сѣченія котораго (перпендикулярно траекторіи движенія) будетъ F квадратныхъ метровъ, со скоростью v — метровъ, или если помѣстимъ это тѣло въ потокъ воздуха, дующій со скоростью v , то оно будетъ испытывать сопротивленіе движенію въ первомъ случаѣ и покою — во второмъ, равное

$$P = k F v^2 \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ k — нѣкоторое постоянное число, зависящее главнымъ образомъ отъ того, будетъ ли тѣло имѣть заостренный носъ, плоскую переднюю часть или вогнутую — въ видѣ кармана.

Для остраго носа $k = 0.026$
 „ плоскаго „ $k = 0.085$
 „ вогнутаго „ $k = 0,110$ *)

Такимъ образомъ, только въ зависимости отъ формы носа корабля сопротивленіе можетъ возрасти почти въ 5 разъ. Такъ какъ сопротивленіе возрастаетъ пропорціоально площади F , — выгодно ее уменьшать, поэтому аэростаты и дѣлаютъ продолговатыми, въ видѣ сигары. Нѣкоторыя обстоятельства, однако, не позволяютъ чрезмѣрно увеличивать отношеніе длины аэростата къ его поперечнику; самое большое отношеніе въ аэростатѣ Цепелина № 3, гдѣ оно нѣсколько превосходитъ 10.

Формула (1) также показываетъ, что сопротивленіе пропорціоально квадрату скорости, т. е. съ возрастаніемъ скорости вдвое — оно возрастаетъ вчетверо, съ увеличеніемъ скорости втрое — въ девять разъ и т. д.

Работа, необходимая для движенія аэростата, за вычетомъ потерь въ винтѣ и передачѣ должна быть равна:

$$T = P v = k F v^3 \text{ kgrmt} \dots \dots \dots (2)$$

или въ лошадиныхъ силахъ:

$$HP = \frac{k F v^3}{75} \dots \dots \dots (3)$$

Двигатель корабля посредствомъ гребного винта отбрасываетъ воздухъ назадъ, чѣмъ и заставляетъ аэростатъ двигаться впередъ. Не вдаваясь въ теорію гребного винта, которая еще мало разработана, считаю въ данномъ мѣстѣ не лишнимъ сдѣлать лишь слѣдующія замѣчанія. **) Тяга, развиваемая винтомъ, должна быть равна сопротивленію аэростата; какъ показываетъ опытъ и теорія, она выражается количествомъ движешя отброшеннаго назадъ воздуха, т. е.

$$P' = m V = \frac{\pi D^2 \gamma}{4} V^2 = F' \frac{\gamma}{g} V^2, \dots \dots \dots (4)$$

*) Полнѣе о сопротивленш воздуха желающіе найдутъ въ сочиненяхъ по этому вопросу Д. Менделѣева, Canovetti, Eiffel, Циолковскаго, брошюрахъ Шабскаго и др.

**) О гребномъ винтѣ можно найти въ „Theorie du navire" Pulag et Dudebout, въ сочиненяхъ Джевецкаго, Н. Е. Жуковскаго, Буслая, Рузскаго и Д. П. Рябушинскаго.

гдѣ P' тяга винта въ килограммахъ, D — его диаметръ, γ — плотность воздуха, m — его масса, равная въ куб. метра, дѣленному на ускореніе силы тяжести. g — ускореніе силы тяжести и V скорость отступающаго воздуха.

Такъ какъ P должно быть равно P' , то:

$$k F v^2 = F' \frac{\gamma}{g} V^2 \text{ *)} \dots\dots\dots (5)$$

откуда, замѣчая что $\frac{\gamma}{g}$ есть постоянная величина, видимъ, что, чѣмъ отношеніе

$$\frac{F}{F'}$$

больше, тѣмъ больше должно быть отношеніе

$$\frac{V}{v};$$

чѣмъ величина этого отношенія ближе къ единицѣ, а, слѣдовательно, чѣмъ меньше разность $V-v$,

тѣмъ выгоднѣе работаетъ винтъ. Происходить это отъ того, что потерянная работа измѣняется массой воздуха m , движущейся съ абсолютной скоростью $V-v$.

Вотъ почему между размѣрами гребного винта и поперечникомъ аэростата должна существовать зависимость **).

Если скорость теченія воды въ рѣкѣ превосходить 3 метра, никакое судоходство на ней не считается возможнымъ, а между тѣмъ скорость вѣтра уже на небольшой высотѣ въ среднемъ равна 10—11 метрамъ. Для того, чтобы аэростатъ не былъ безпомощной игрушкой вѣтра, необходимо, чтобы его скорость превосходила или по крайней мѣрѣ была равна скорости вѣтра. Въ достижеши вотъ этой, необходимой для дирижабля скорости, кроется первое затрудненіе постройки его.

Такъ какъ объемъ, а, слѣдовательно, и грузоподъемная сила аэростата, увеличивается пропорціонально кубу измѣренія, а площадь сѣченія, а слѣдовательно и сопротивленіе, пропорціонально квадрату, то, чѣмъ больше аэростатъ, тѣмъ

*) Числовая величина $\frac{\gamma}{g}$ близка къ $\frac{1}{8}$

**) По моимъ подсчетамъ гребной винтъ направляемыхъ аэростатовъ: даетъ отъ 60 до 74% полезнаго дѣйствія.

легче для него достиженіе большихъ скоростей. Здѣсь кроется причина, почему аэростатъ Цеппелина движется быстрѣе прочихъ. Въ морскихъ судахъ существуетъ та же зависимость.

Остановимся еще на нѣкоторыхъ особенностяхъ аэростата, съ которыми главнымъ образомъ приходится считаться конструктору.

Плавающій въ воздухѣ аэростатъ находится въ столь же неустойчивомъ равновѣсіи, какъ плавающій подъ водою поплавокъ: малѣйшій излишекъ груза заставитъ его опуститься

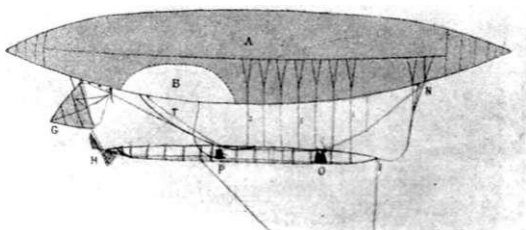


Рис. 1.

на дно; наоборотъ, при малѣйшемъ облегченіи онъ всплываетъ на поверхность. То же наблюдается и съ воздушнымъ шаромъ, который можетъ держаться въ воздухѣ на определенной высотѣ лишь за счетъ непрерывной траты балласта и газа. Поэтому необходимо прежде всего устранить эту *вертикальную неустойчивость* воздушнаго корабля.



Рис. 2.

Вертикальная неустойчивость устраняется двумя способами: статическимъ и динамическимъ. Первый заключается въ томъ, что внутри аэростата дѣлается особое воздухоуплотнительное устройство—баллонетъ, куда нагнетается вентиляторомъ воздухъ: (отчего онъ дѣлается тяжелѣе), когда хотятъ заставить аэростатъ опуститься и выкачиваютъ, когда хотятъ, чтобы корабль поднимался (рис. 1). Второй заключается въ управленіи рулями высоты (горизонтальными рулями), отчего аэростатъ идетъ по растянутой синусоидѣ (зигзагообразной линіи рис. 2).

Далѣе, когда длинный аэростатъ принимаетъ хотя малѣйшій наклонъ впередъ или назадъ, легкій газъ устре-

мляется въ приподнятый конецъ, раздуваетъ его и еще болѣе отклоняетъ отъ первоначальнаго горизонтальнаго положешя.

Такая *продольная неустойчивость* аэростата должна быть устранена, — она увеличиваетъ сопротивленіе и опасна, такъ какъ тяги, на которыхъ подвѣшена гондола, становятся неравномерно натянутыми, и могутъ начать рваться одна за другой. Для того, чтобы уничтожить возможность газу перетекать вдоль аэростата, Цеппелинъ раздѣляетъ его на 17 отдѣленій. Въ аэростатахъ другихъ типовъ, пользуясь баллономомъ, держать оболочку всегда натянутой.

Въ работѣ мотора есть постоянно дѣйствующая причина, которая стремится вывести аэростатъ изъ правильнаго положенія (рис. 3). Наибольшее сопротивленіе движенію аэро-

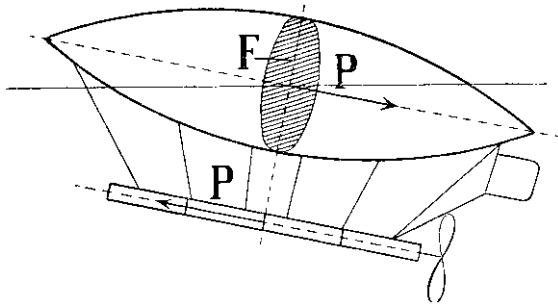


Рис. 3.

стата представляетъ, разумѣется, баллонъ, работа же винта, точнѣе точка приложенія реакціи работы винта, на его оси — отсюда является нѣкоторая пара силъ, стремящаяся опрокинуть аэростатъ. Чтобы избавиться отъ опрокидывающаго эффекта винтовъ, Цеппелинъ ставитъ винты съ боковъ почти по оси баллона.

Если аэростатъ отклоняется отъ строго горизонтальнаго направленія, или если онъ несимметриченъ относительно горизонтальной плоскости, то сопротивленіе воздуха стремится поставить его ось вертикально въ томъ случаѣ, когда онъ симметриченъ относительно средняго миделеваго сѣченія, и подъ нѣкоторымъ угломъ, если — аэростатъ не симметриченъ. Эта продольная неустойчивость уничтожается въ аэростатахъ динамически — горизонтальными рулями, прибавками на задней части баллона, такъ наз. „опереніемъ“ его

(Ville de Paris. Clement Bayar, Republique), плоскою нижнею стороною (Lebody № 1 и № 2).

Къ предыдущему надо добавить, что существуютъ еще случайный причины, нарушаютъ вертикальную устойчивость аэростата. Причины эти суть: 1) измѣненіе температуры газа въ оболочкѣ, отчего мѣняется и его плотность, 2) выпаденіе метеорологическихъ осадковъ, которые могутъ скапливаться на аэростатѣ, и 3) вертикальные токи воздуха.

Изъ всего сказаннаго ясно, что пилоту приходится непрерывно слѣдить за полетомъ, и, дѣйствуя рулями высоты и вентиляторомъ, корректировать вертикальное положеніе аэростата. Записи барографовъ показываютъ, что, несмотря на все вниманіе пилота, при полетѣ всегда происходятъ вертикальныя колебанія аэростата на 50—60 метровъ.

Кромѣ корректированія вертикальнаго положенія аэростата, не маловажную роль въ управленіи имъ играетъ сохраненіе принятаго направленія. Дѣло въ томъ, что даже и на значительной высотѣ (не говоря уже о слояхъ, близкихъ къ землѣ) вѣтеръ постоянно мѣняется и по направленію и по скорости. Отклоненія отъ средняго направленія на 5° въ обѣ стороны — обычное явленіе. Еще болѣе измѣнчива скорость вѣтра. Анемографъ указываетъ, напримѣръ, что вѣтеръ, средняя скорость котораго 9 метровъ, представляетъ непрерывное измѣненіе ея отъ 3-хъ до 17-ти метровъ.

Какъ и чѣмъ ни была бы пропитана оболочка аэростата, она теряетъ газъ (диффузія), поэтому съ теченіемъ времени аэростатъ теряетъ форму, на немъ появляются складки, затрудняющія движеніе. Избѣгнуть этого можно накачиваніемъ воздуха въ баллонетъ или приданіемъ твердой основы баллону, какъ то дѣлаетъ гр. Цепелинъ.

Аэростатъ, несущій гондолу, представляетъ собою аэробалку и при этомъ мягкую (за исключеніемъ аэростата Цепелина).

Мы различаемъ три типа аэростатовъ въ зависимости отъ того, какимъ образомъ гондола соединяется съ баллономъ, съ цѣлью равномерной передачи ея вѣса на аэростатъ.

Къ первому типу — *мягкихъ* — принадлежатъ аэростаты: Парсеваля, „Ville de Paris“, „Учебный“ и С. Дюмона,

который данъ въ разрѣзѣ на рисунокѣ 1, и другіе: они не имѣютъ подъ матеріей каркаса. Необходимая жесткость придается имъ гондолой, которая имѣетъ видъ длинной мостовой фермы.

Ко второму — *полужесткихъ* — принадлежать аэростаты типа Lebody, имѣющіе внизу твердый каркасъ изъ стальныхъ трубъ, который служить основой баллона и мѣстомъ прикрѣпленія гондолы.

И, наконецъ, къ третьему типу — *жесткихъ* — принадлежить аэростатъ гр. Цеппелина; онъ имѣетъ каркасъ изъ алюминиевыхъ фермъ, какъ основу для оболочки.

Для поворотовъ въ горизонтальной плоскости воздушный корабль долженъ имѣть вертикальный руль.

Такимъ образомъ дирижабль, несмотря на всю кажущуюся простоту идеи, въ цѣломъ представляетъ сложную машину, возможность выполнить которую дала лишь современная техника и управленіе которой весьма сложно. Въ этомъ онъ во многомъ напоминаетъ подводную лодку.

Ознакомившись съ общими данными относительно аэростатовъ, перейдемъ къ болѣе детальному разсмотрѣнію типичныхъ изъ нихъ. Къ тому, что сказано, придется добавить немного.

Начнемъ съ мягкаго аэростата Парсевалея.

Отличительною особенностью аэростата Парсевалея является то, что онъ весь мягкій, даже лопасти его гребного винта мягкія, что онъ имѣетъ короткую гондолу и форму сферическую на передней части и заостренную на задней (рис. 4). Главные размѣры аэростата таковы — длина 58 метровъ, ширина 9,4, емкость 3200 куб. метровъ, вмѣстимость двухъ баллонетовъ 700 куб. метровъ. Форма оболочки съ точки зрѣнія гидродинамики очень хороша, чѣмъ и обуславливается отчасти то, что 100 сильный моторъ даетъ аэростату скорость 12—13 метровъ (въ секунду).

Постоянство формы аэростата достигается подвѣской гондолы, которая рассчитана такъ, что каждая точка аэростата нагружена сообразно грузоподъемности даннаго сѣченія. Для устраненія продольной неустойчивости, которая для аэростата Парсевалея являлась бы особенно опасной, имѣется на задней части аэростата опереніе въ видѣ двухъ горизонтальныхъ плоскостей площадью 60 кв. метровъ.

Четырехлопастный гребной винт сделанъ изъ гибкихъ кожаныхъ полосъ длиною въ 2,1 метра, которыя висятъ, когда винтъ неподвиженъ, и принимаютъ рабочее положеніе подъ дѣйствіемъ центробѣжной силы, когда ось винта вращается.

Аэростатъ Парсевала исключительно приспособленъ для военныхъ цѣлей: онъ представляетъ большія удобства для перевозки и для храненія, не требуя гаража. На испытаніяхъ въ воздухѣ держался онъ до 13 часовъ и пролеталъ за это время до 580 километровъ, показывая себя послуш-

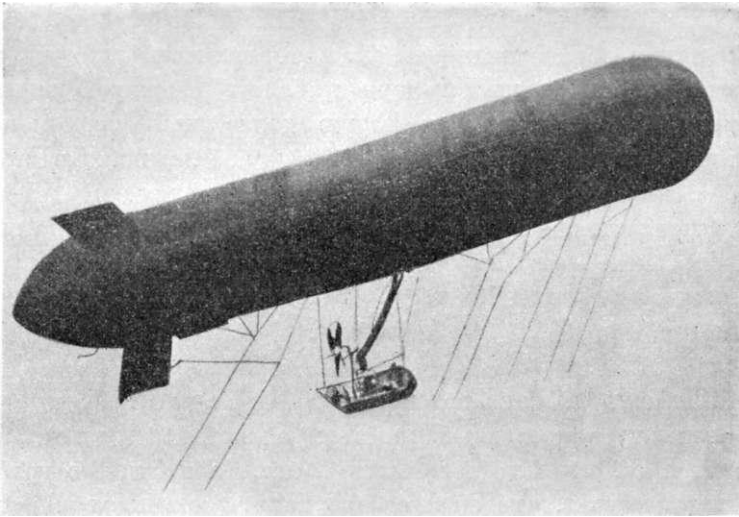


Рис. 4.

нымъ рулю. При этомъ надо добавить, что аэростатъ Парсевала является самымъ простымъ по конструкции воздушнымъ кораблемъ.

Слѣдуетъ остановиться и ѣсколько еще на мягкихъ французскихъ аэростатахъ, представителемъ которыхъ является „Ville de Paris" (рис. 5). Размѣры аэростата слѣдующіе — длина 60,4 метра, поперечникъ 10,5, объемъ 3195,4 куб. метра, емкость баллона 500 куб. метровъ. Жесткость баллону придается длиною въ 31 метръ гондолою веретенообразнаго типа изъ еловаго дерева. Гондола виситъ подъ аэростатомъ на тросахъ, кончающихся „гусиными лапка-

ми" (такъ называются части сѣтки аэростатовъ, гдѣ она переходитъ въ отдѣльные стропы), которыя пришиты къ оснасткѣ аэростата металлическими костыльками.

Гребной винтъ большого діаметра помѣщенъ впереди гондолы, что даетъ устойчивость аэростату на ходу, такъ какъ при такомъ расположеніи несимметричность аэростата не такъ сказывается, какъ при винтѣ сзади; при расположеніи винта сзади аэростатъ болѣе подверженъ „рысканію“, такъ какъ не всегда можно ручаться, что силы сопротивленія и реакціи мотора лежатъ въ одной вертикальной плоскости. Винтъ устроенъ такъ, что уголъ наклона его

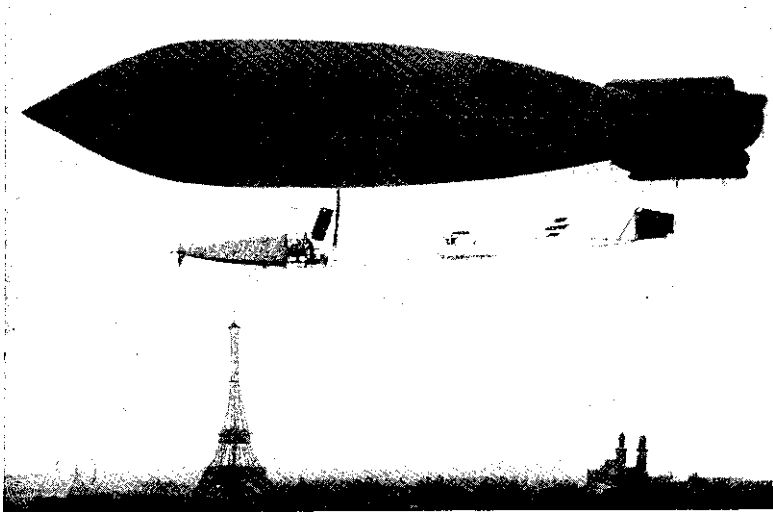


Рис. 5.

лопастей къ плоскости винтового диска можетъ мѣняться. Теоретическія и опытные изслѣдоваша винтовъ указываютъ, что уголъ этотъ долженъ мѣняться съ измѣненіемъ скорости.

Опереніемъ аэростата служатъ восемь цилиндровъ изъ матеріи, наполненныхъ газомъ. Горизонтальные рули „крылышки“ аэростата помѣщены между нимъ и гондолой и, какъ и вертикальный руль, двупланной системы. Дѣйствуя въ отдѣльности передними или задними крылышками, можно заставить аэростатъ принять наклонное положеніе, а поставивъ согласно и переднія и заднія, — заставить аэростатъ всплывать

или опускаться, и при этомъ его ось будетъ оставаться горизонтальной.

Аэростатъ далъ очень хорошіе результаты. Скорость, которую можетъ сообщить ему 70 сильный его моторъ, равна 13—14 метрамъ въ неподвижномъ воздухѣ.

Аэростатъ бр. Лебеди, съ которымъ они впервые выступили въ 1902 г., сыгралъ выдающуюся роль въ исторіи воздухоплавания.

Какъ уже было сказано, аэростаты этого типа — полужесткіе: какъ основу баллона и мѣсто закрѣпленія короткой

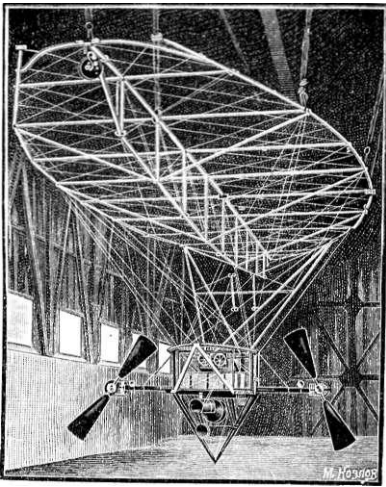


Рис. 6.

гондолы, они имѣютъ плоскій овальный каркасъ изъ легкихъ стальныхъ трубъ (рис.6). Плоскость каркаса служитъ также въ связи съ общей несимметричностью баллона и опереніемъ, которое впервые и было предложено бр. Лебоди, для уничтожения опасной для аэростатовъ такого типа продольной качки.

Остановимся болѣе подробно на аэростатѣ „Лебедь“, какъ представителе типа Лебоди. На прилагаемой при семъ схемѣ 7 поставлены

главные размеры аэростата, а вычерченъ онъ въ масштабѣ, такъ что можно брать относительную величину главныхъ деталей.

На схемѣ F, F' — вертикальная и горизонтальная неподвижныя плоскости оперенія, b — баллонетъ, S' — автоматическій предохранительный отъ внутренняго давленія клапанъ баллонета, V — вентиляторъ, A — заднія горизонтальныя крылышки, P — стрѣла, G — вертикальный руль, M — моторъ, N — гондола, R — резервуаръ для топлива, J — опора для спуска, B, B' — переднія крылышки, Q — балка стрѣлы и киль H, H' — гребные винты.

„Лебедь“ (рис. 8) — почти точная копия погибшаго осенью 1909 г. французскаго военнаго аэростата „Republique“. Главные

размеры аэростата следующие — длина 61,2 метра, наибольший диаметр 10,9 метра, объем 3700 куб. метров, вместимость

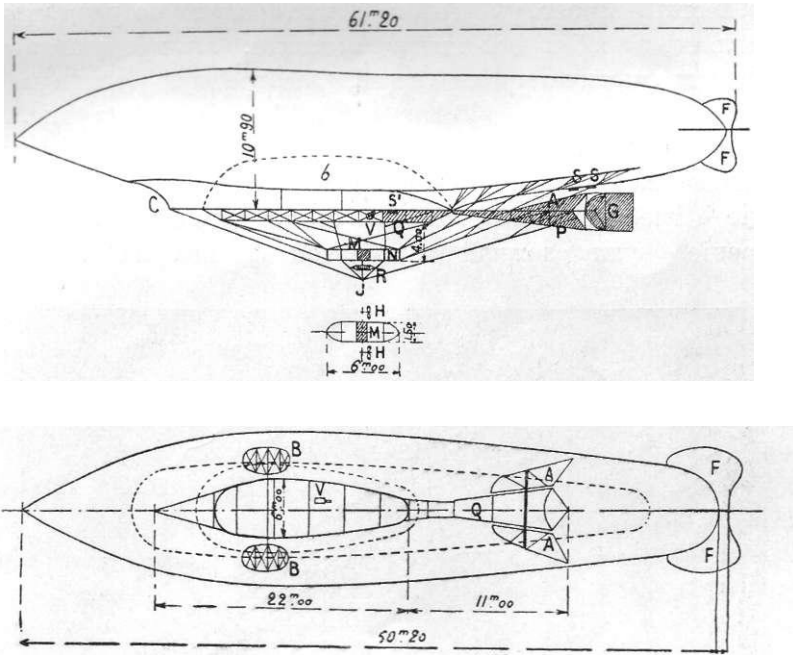


Рис. 7.

баллонета 900 куб. метров. Площади крылышек—рулей высоты 14 кв. метров передних и 8 кв. метров задних.

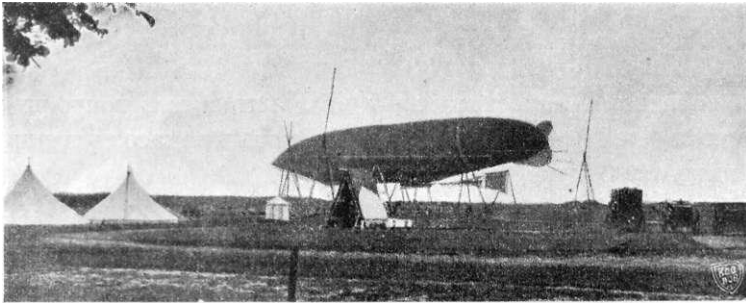


Рис. 8.

Площадь плоской платформы 100 кв. метров. Площадь оперения 60 кв. метров, поровну на все четыре крыла.

Моторъ „Panhard-Levassor" въ 70 лош. силъ вращаетъ два металлическихъ винта по бокамъ гондолы.

Жесткій аэростатъ Цеппелина далеко по размѣрамъ оставляетъ за собою всѣ вышеописанные. Онъ представляетъ собою двадцатичетырехгранную, заостренную впереди и сзади призму, длиною 136 метровъ и 13 поперечника (рис. 9).

Остовомъ оболочки аэростата служитъ сложный алюминіевый каркасъ, къ которому прикрѣплены фермы, несущіе 4 гребныхъ винта, по два съ cadaго бока аэростата. опереніе. рули сложной коробчатой формы, киль, каюту

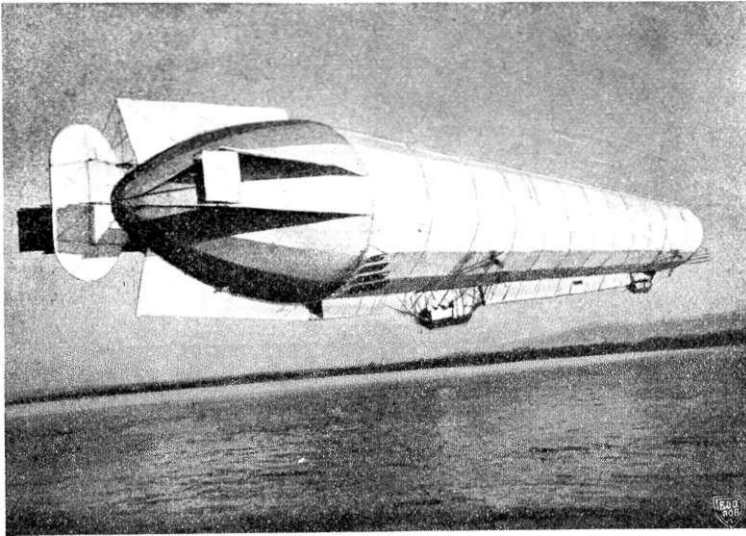


Рис. 9.

подъ серединой аэростата на 7 человекъ и двѣ гондолы съ моторами Даймлера по 114 лош. силъ и запасомъ топлива для нихъ 5600 kg.

Каркасъ этотъ (рис. 10) закрытъ сверху прочной оболочкой, не заключающей газа, а служащей лишь защитой внутреннимъ оболочкамъ. Для того, чтобы не дать возможность газу перетекать по длинѣ аэростата, онъ заключенъ въ 17 отдѣльныхъ вмѣстилищъ, общій объемъ газа въ которыхъ 15000 куб. метровъ. Гондолы и каюта аэростата сообщаются галлереей. Для переговоровъ онѣ соединены телефономъ. Аэростатъ при своихъ многочисленныхъ поле-

тахъ показали себя устойчивымъ, управляемымъ, способнымъ держаться въ воздухѣ 20 часовъ и при этомъ проходить до 600 километровъ. Наибольшая скорость, которую давалъ аэростатъ, доходить до 17 метровъ.

На Боденскомъ озерѣ у гр. Цеппелина имѣется пловучій эллингъ, гдѣ на плотяхъ покоится воздушный корабль; при помощи небольшого парохода выводятъ аэростатъ изъ него; поднимаясь, корабль оставляетъ плоты. Первоначально аэростатъ могъ опускаться лишь на воду; въ настоящее же время онъ опускается и на землю. Для смягченія удара о послѣднюю при спускѣ, подъ гондолами устроены воздушные буфера. Всего пассажировъ аэростатъ

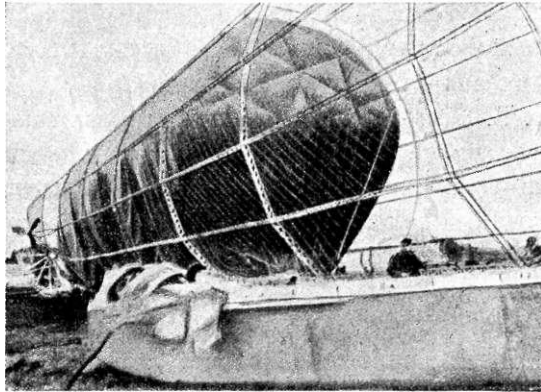


Рис. 10.

можетъ поднять до 15 человекъ. Стоимость аэростата достигаетъ 1100000 марокъ, а наполненіе его газомъ обходится 20000.

Въ 1903 г. послѣ необычайно удачнаго плаванія при вѣтрѣ въ 9,5—10 метровъ въ секунду аэростатъ Лебоди № 1 возвратился къ эллингу; и въ тотъ моментъ, когда собирались его туда ввести, вѣтеръ подхватилъ корабль, бросилъ его на деревья, и оболочка разорвалась въ клочки.

Французскій военный аэростатъ „Patrie" въ срединѣ ноября 1907 г. совершилъ превосходный полетъ изъ Парижа въ Верденъ—мѣсто своей стоянки (около 240 километровъ) въ теченіе 7 часовъ. Въ концѣ ноября онъ погибъ при слѣдующихъ обстоятельствахъ: для починки онъ былъ выведенъ

изъ эллинга; налетѣль вихрь, аэростать вырвало изъ рукъ 200 солдатъ, которые его удерживали, и онъ исчезъ. Одинъ изъ гребныхъ винтовъ аэростата былъ найденъ на сѣверѣ Ирландги; по всей вѣроятности воздушный корабль потонулъ въ Атлантическомъ океанѣ.

Аэростать Цеппелина № 4 въ 1908 г., согласно условіямъ пріемки военного министерства, долженъ былъ продержаться въ воздухѣ 24 часа. 4—5 августа онъ держится 20 часовъ и проходитъ разстояніе 600 километровъ. У Штутгарта онъ опускается для небольшого ремонта гребного винта. Въ то время, когда гр. Цеппелинъ завтракалъ въ гостинницѣ, налетѣль вихрь и отбросилъ аэростать на нѣсколько сотъ метровъ. затѣмъ его ударило о землю, произошла взрывъ, и отъ корабля остался исковерканный остовъ.

Можно было бы привести и еще нѣсколько аналогичныхъ случаевъ аварій воздушныхъ кораблей.

Проф. П. Е. Жуковскій говоритъ: „Главный недостатокъ современныхъ аэростатовъ въ томъ, что имъ опасно пребываніе около поверхности земли, гдѣ корабль не можетъ принять выгоднаго положенія по отношенію къ вѣтру“.

Къ этому надо добавить, что вывести и ввести аэростать въ эллингъ при сколько-нибудь значительномъ вѣтрѣ весьма трудно, такъ какъ достаточно задѣтъ въ воротахъ, чтобы прорвать матерчатую оболочку. Поэтому для вывода и ввода аэростата всегда требуется много народу, отъ 50 до 100 человекъ. Оставаться на землѣ внѣ эллинга аэростать почти не можетъ, если не выпустить изъ него газъ и не сложить (если конструкция его это позволяетъ). Переносъ наполненнаго газомъ аэростата даже и при небольшомъ вѣтрѣ крайне затруднителенъ.

Такъ какъ аэростать черезъ диффузію теряетъ газъ, то районъ его передвиженія ограниченъ известными предѣлами. Дальше опредѣленнаго пункта, разстояніе котораго отъ мѣста, гдѣ аэростать можетъ получить топливо, газъ и пристанище, зависитъ отъ скорости корабля и вѣтра, аэростать не можетъ удалиться, не подвергаясь серьезной опасности.

Въ 1902 г. погибъ отъ взрыва водорода „Рах“ Северо. До тѣхъ поръ, пока для наполнешя аэростатовъ будетъ употребляться водородъ а для движешя его—тепловые дви-

гатели, будетъ постоянно существовать опасность взрыва съ его ужасными послѣдствіями, какъ бы совершенны ни были двигатели. какіе бы глушители для нихъ ни употреблялись.

Вотъ главнѣйшее, что можно сказать объ управляемыхъ аэростатахъ, ограничиваясь объемомъ этой брошюры. Интересующимся и желающимъ болѣе детально ознакомиться съ направляемыми аэростатами можемъ рекомендовать:

Брошюры Шабскаго, „Les dirigeables” Andréе.

Принципъ — тяжелѣе воздуха.

Машина тяжелѣе воздуха можетъ подняться и держаться въ воздухѣ, отбрасывая его внизъ, за счетъ чего и получать поддерживающую силу.

Природа указываетъ намъ три способа достигнуть этого. Первый изъ нихъ даютъ намъ мухи, пчелы и другія насекомыя, висящія неподвижно въ жаркой полдень; другіе два способа указываютъ птицы, при этомъ для подъема здѣсь требуется поступательная скорость.

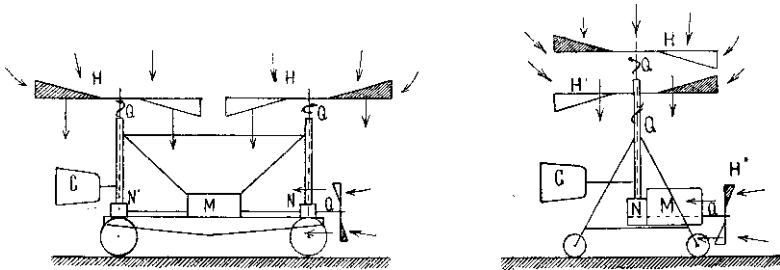


Рис. 11.

Геніальный французскій изслѣдователь Марей показалъ, что неподвижно висящія въ воздухѣ пчела взмахами крыльевъ гонитъ воздухъ прямо внизъ, — внизъ и назадъ, когда летитъ впередъ. Машина, которая осуществляетъ такой подъемъ, называется *геликоптеромъ*. Геликоптеръ состоитъ изъ мотора *M*, который (рис. 11) вращаетъ въ разныя стороны двѣ вертикальныхъ оси *Q* и *Q*, съ насаженными на нихъ двумя гребными винтами *H* и *H'*. Винты эти устроены

такъ. что бросаютъ воздухъ внизъ, чѣмъ и достигается подъемная сила. Два винта, вращающіеся въ разныя стороны, ставятся потому, что, если взять одинъ винтъ, то сила реакціи будетъ вращать моторъ въ сторону, обратную вращенію винта. Для поступательнаго движенія геликоптера можно поставить третій винтъ, съ горизонтальной осью.

Когда мы разсматривали гребной винтъ направляемаго аэростата, мы упомянули, что тяга винта есть

$$P=mv,$$

а работа (полезная работа) —

$$T = \frac{mv^2}{2}$$

Для геликоптернаго винта его тяга и работа выражаются этими же формулами. Изъ нихъ видно, что для поднятія груза выгодно бросать какъ можно больше воздуха съ возможно малыми скоростями. Такимъ образомъ, выгоденъ винтъ большихъ размѣровъ, который вращается медленно. На первый взглядъ кажется, что при достаточно большомъ винтѣ и достаточно сильномъ двигателѣ двумя гребными винтами съ правымъ и лѣвымъ ходомъ можно поднять на воздухъ любой грузъ. На дѣлѣ оказывается, что это неправильно. Въ дѣйствительности при известномъ совершенствѣ двигателя и винта можно поднять вполне опредѣленный полезный, кромѣ машины, грузъ. Теоретически разборъ этого вопроса былъ начатъ эмпирическими зависимостями Ренара*) и завершенъ проф. Жуковскимъ. Окончательный выводъ показываетъ, что при довольно большомъ діаметрѣ и достаточно большой силѣ двигателя геликоптеръ совершенно не можетъ подняться, если вѣсъ винта и машины превышаетъ опредѣленную величину на единицу мощности. Вотъ почему геликоптеры игрушки летали превосходно, а геликоптеру съ человѣкомъ удалось подняться только въ 1908 году. По опытамъ проф. Wellner'a для поднятія одного человѣка безъ вѣса мотора и машины нужно 4,6 лощ. силы, а такъ какъ это несравненно больше, чѣмъ можетъ развить самый сильный атлетъ, подняться собственной силой на геликоптерѣ человѣкъ не можетъ.

Какъ я уже говорилъ, лишь въ 1908 году удалось подняться и держаться въ воздухѣ на геликоптерѣ. Сдѣлалъ

*) „Les dirigeables" Andrée.

это Поль Корню съ двигателемъ „Антуанета” въ 50 *HP*. (рис. 12). Всѣхъ этого двигателя, выполняемаго Levavasseur'омъ, не превышаетъ 2-хъ *kgg.* на лош. силу. До сихъ поръ Антуанета является наиболѣе легкимъ двигателемъ изъ болѣе или менѣе надежно работающих*). Въ 1898 году проф. Жуковскій говорилъ: „Надо полагать, что подвѣшивающая сила геликоптера должна увеличиваться при поступательномъ движеніи”. Опытныя изслѣдованія до извѣстной степени подтвердили это. Такія изслѣдованія заслуживаютъ вниманія, такъ какъ за геликоптеромъ остается преимущество подниматься съ мѣста и безопасный спускъ.

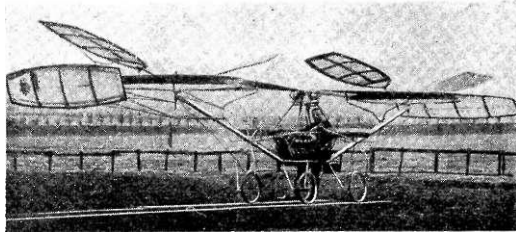


Рис. 12.

Переходимъ къ двумъ другимъ способамъ летать въ воздухѣ. Эти способы есть до извѣстной степени воспроизведе те полета живыхъ существъ; поэтому прежде всего ознакомимся съ механизмомъ полета птицы.

Насчитываютъ нѣсколько видовъ полета птицы, мы остановимся на двухъ важнѣйшихъ—гребномъ и скользящемъ. Гребнымъ полетомъ называется такой, при которомъ птица машетъ крыльями; скользящимъ или парящимъ называется такой видъ полета, при которомъ распростертыя крылья птицы остаются неподвижными **).

*) Для того, чтобы не нарушить цѣлости, описате воздухоплательныхъ моторовъ вынесено въ особую главу въ концѣ брошюры.

**) Собственно „парящій” и „скользящій” являются различными видами полета. Скользящимъ называется полетъ птицы, когда она скользитъ по воздуху, какъ по наклонной плоскости, парящимъ, — если она поднимается вверхъ за счетъ живой силы вѣтра, когда послѣдній дуе тъ пульсаціями.

Въ дальнѣйшемъ, однако, эти оба вида полета не различаются, такъ какъ во всѣхъ далѣе разсматриваемыхъ случаяхъ полета они тѣсно связаны другъ съ другомъ и постоянно переходятъ одинъ въ другой.

Остановимся сначала на гребномъ полетѣ. Вопросомъ о полетѣ птицъ занимались Келей, Прэхтль, /Жуковскій, въ особенности Марей и другіе. Марей создалъ особый методъ изученія полета при помощи моментальной фотографіи. Сущность этого метода состоитъ въ томъ, что фотографическимъ путемъ получается рядъ изображеній птицы въ послѣдовательные моменты ея полета, отдѣленные другъ отъ друга весьма малыми промежутками времени $\frac{1}{30}$ секунды. Такимъ образомъ явилась возможность изучить во всѣхъ подробностяхъ механизмъ полета. До изслѣдованія Марей механизмъ гребного полета пытались объяснить такъ: птица ударяетъ по воздуху не строго вертикально, а

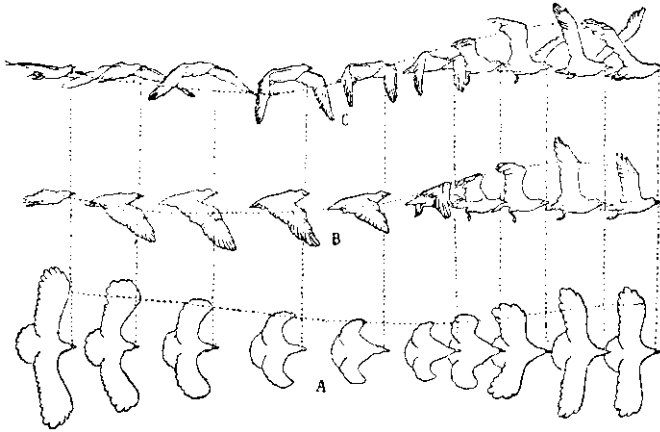


Рис. 13.

наклонно назадъ, благодаря этому въ моментъ опусканія крыла она получаетъ и подвѣшивающую силу и поступательное движеніе, но такое толкованіе влекло за собою необходимость предположить, что перья крыла суть клапаны, пропускающіе воздухъ при подъемѣ и движеніи крыла впередъ. Близкое знакомство съ крыломъ птицы отвергаетъ это: такимъ образомъ полетъ оставался загадкой, ибо птица не можетъ поднять крыла.

Хронографически методъ далъ истинное толкованіе. Изъ прилагаемаго рисунка 13 видно: 1), что при опусканіи крыла птица не только не оттягиваетъ его назадъ, а напротивъ заноситъ впередъ; 2) что опусканіе крыла сопровождается не подъемомъ птицы, какъ полагали раньше, а,

наоборот, опускаемъ ея. Именно въ этотъ періодъ птица приобретаетъ наибольшую скорость, съ тѣмъ чтобы израсходовать часть этой скорости въ слѣдующій моментъ (при подъемѣ крыла) на поднятіе себя на ту высоту, съ которой она спустилась. Последнее происходитъ оттого, (рис. 14), что птица приподнимаетъ переднюю часть крыла, крыло становится наклонною плоскостью, и вѣтеръ поднимаетъ ее. Та-

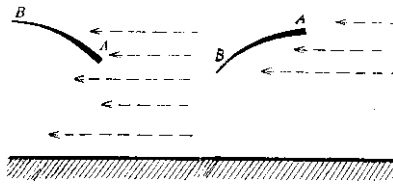


Рис. 14.

кого вида полетъ при болѣе иодробномъ разсмотрѣніи оказывается и наиболѣе экономнымъ изъ возможныхъ въ смыслѣ затраты работы.

Машины, воспроизводящія этотъ видъ полета птицы, называются — *орнитоптерами*, т. е. птицеподобными. Несмотря на то, что по теоріи крылатые пропеллеры (двигатели) пред-

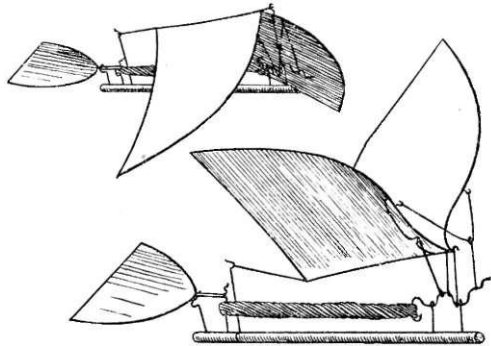


Рис. 15.

ставляются весьма выгодными, орнитоптеры дали еще менѣе, чѣмъ геликоптеры. Маленькія модели летаютъ превосходно, большую же летающую птицу не удалось построить до сихъ поръ. Въ природѣ, чѣмъ птица больше, тѣмъ хуже она летаетъ, и очень большихъ птицъ поэтому, вѣроятно, и нѣтъ.

Изъ маленькихъ моделей наиболѣе совершенною является птица Пешанкура (рис. 15); она имѣетъ шелковыя крылья,

машущія одновременно дѣйствиємъ раскручивающейся резины. Ея крылья съ задней стороны могутъ прогибаться: птицы эти летаютъ при сообщеніи имъ небольшого поступательнаго движенія или падая съ руки пускающаго (живыя птицы сообщаютъ себѣ скорость прыжками, когда поднимаются съ земли, или бросаются съ нѣкоторой высоты). У птицы Пешанкура при опусканіи крыло выгибается съ задней стороны и даетъ птицѣ и подъемную силу и поступательную скорость, при подъемѣ, наоборотъ, задняя часть опускается, и, вслѣдствіе поступательной скорости, встречный воздухъ поднимаетъ птицу. Самые крупные орнитоптеры были построены Штенцелемъ и Ру (рис.16). Оба они



Рис. 16.

махали крыльями и, хотя теряли свой вѣсъ, но свободно не могли летать, такъ какъ были неустойчивы. Устойчивость живой птицы объясняется управляемостью всего ея организма и умѣньемъ летать.

Человѣкъ видѣлъ живыхъ существъ, летающихъ вокругъ него, и, естественно, стремился прежде всего подражать птицамъ. Мареемъ доказано, что птица въ 72 раза сильнѣе человѣка, поэтому подняться, пользуясь силою своихъ мышцъ, человѣкъ не можетъ.

Мы переходимъ ко второму виду полета птицъ — полету скользящему и машинамъ, его воспроизводящимъ, — *аэропланамъ*, которые въ настоящее время дали блестящіе результаты и осуществили мечту человѣка — летать.

Кому приходилось ѳздить на пароходѳ, тотъ, вѳроятно, занимался бросаніемъ кусочковъ хлѳба стройнымъ бѳлымъ чайкамъ, которыя ловятъ ихъ налету. Эти чайки летятъ за пароходомъ сотни верстъ, обгоняютъ его, отстаютъ и почти никогда не садятся отдыхать. Замѳчательно то, что, совершая свои поразительно ловкія и быстрыя движенія, онѳ



Рис. 17.

Вѳтеръ всегда дуетъ пульсаціями; въ тѳ моменты, когда онъ ослабѳваетъ, птица падаетъ и получаетъ горизонтальную скорость, а когда вѳтеръ усиливается, она ставитъ крылья наклонно, нѳсколько поднимая переднюю часть, и вѳтеръ поднимаетъ ее, а горизонтальная скорость убываетъ.

Чего вообще птица достигаетъ, пользуясь живою силою потока воздуха, показываетъ слѳдующій полетъ ястреба, ко-

рѳдко - рѳдко взмахнуть крыломъ, онѳ точно скользятъ по идеально ровной поверхности, падаютъ, приобрѳтаютъ скорость, подставляютъ такъ или иначе крылья встречному воздуху и снова взбираются на высоту. Наблюдатель съ галереи парохода видитъ ихъ въ разстояши иногда 1—2 метровъ и ясно замѳчаетъ всѳ ихъ движенія. На картинѳ двѳ прекрасныхъ фотографіи такого полета чаекъ (рис. 17).

Этотъ видъ полета есть простѳйшій и называется „скользящимъ“, при такомъ полетѳ птица почти не затрачиваетъ энергіи, а поступаетъ такъ.

торый наблюдал Марей. Пользуясь тѣмъ, что вѣтеръ изъ подъ арокъ здания дуетъ пульсаціями, птица, ни разу не взмахнувъ крыльями, описываетъ спираль (рис. 18) и опускается на то мѣсто, съ котораго бросилась.

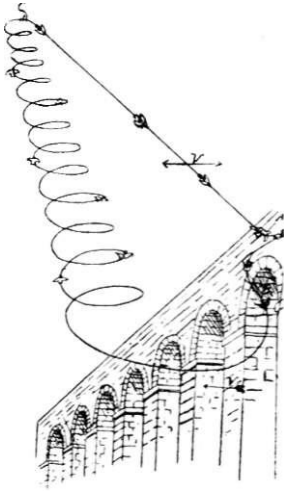


Рис. 18.

и сбѣгалъ съ ними со склона горы противъ вѣтра, затѣмъ дѣлалъ прыжки, и, наконецъ, увеличилъ крылья

Крыло птицы снизу представляетъ вогнутую пластинку, а таковая обладаетъ слѣдующимъ свойствомъ: если поставить ее на вѣтеръ выпуклостью вверхъ и такъ, чтобы хорда была горизонтальна, получается нѣкоторая подъемная сила, лобовое же сопротивленіе будетъ весьма мало. Этотъ принципъ былъ открытъ инженеромъ Отто Лиліеиталемъ, который задался цѣлью изучить практически скользящій полетъ. Для этого онъ устроилъ крылья, сначала небольшія, прикрѣплялъ ихъ къ плечамъ и сбѣгалъ съ ними со склона горы противъ вѣтра, затѣмъ дѣлалъ прыжки, и, наконецъ, увеличилъ крылья

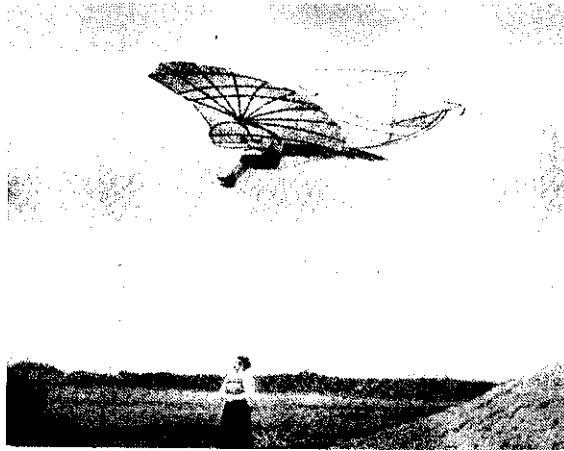


Рис. 19.

настолько, что вѣтеръ его поддерживалъ (рис. 19), и онъ слеталъ съ холма, описывая въ воздухѣ зигзагообразную линію. На рисункѣ 20 представленъ такой его полетъ. Его

аппаратъ имѣлъ два руля—вертикальный и горизонтальный, кромѣ ихъ онъ управлялъ аппаратомъ. перемѣщая центр тяжести тѣла продвигашемъ ногу. Площадь поддерживающихъ крыльевъ Лиліенталя была около 14 кв. метровъ. Желая сдѣлать аппаратъ болѣе компактнымъ и болѣе управляемымъ, Лиліенталь построилъ его съ двумя парами крыльевъ, расположенныхъ другъ подъ другомъ. Въ течете трехъ лѣтъ съ 1893 по 1896 годъ имъ было сдѣлано около 1000 полетовъ; бросаясь съ высоты 30 метровъ, онъ пролеталъ до 300 метровъ по горизонтальному направлешю; иногда во время полета ему удавалось подниматься до той высоты, съ которой онъ падалъ, также удавалось дѣлать повороты и описывать дуги круга.

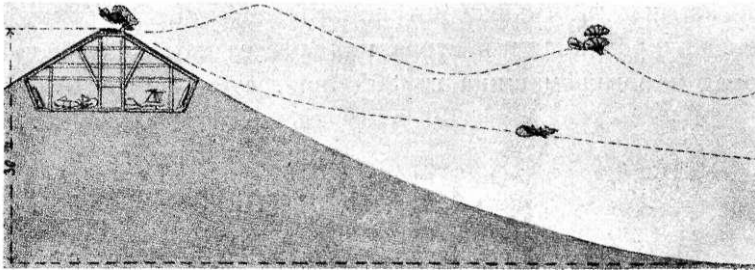


Рис. 20.

9 августа 1896 г. среди своихъ опытовъ Лиліенталь погибъ „какъ воинъ на полѣ чести“, говоритъ проф. Жуковскій. Нежданный вихрь налетѣлъ на аппаратъ и сначала поднялъ его вверхъ на высоту 30 метровъ, а затѣмъ бросилъ на землю. Гибель знаменитаго воздухоплателя не устршила его поелѣдователей. Дѣло, начатое Лиліенталемъ стали продолжать въ Америкѣ—Пильчеръ, Шанювъ, Герингъ и братья Райтъ. Въ теченіе двухъ лѣтъ Пильчеръ совершилъ болѣе 2000 полетовъ, но третій годъ для него былъ роковымъ, какъ и для его знаменитаго предшественника,—Пильчеръ разбился въ 1899 году.

Мысль присоединить къ аэроплану движитель, чтобы получить горизонтальную скорость не за счетъ паденія, очень стараго происхожденія. Модели аэроплановъ, особенно малаго размѣра, приводимые въ движеніе скрученной резинкой, были построены многими изслѣдователями и летали довольно

удачно, какъ и орнитоптеры: болѣе крупные аэропланы или не летали, или не имѣли надлежащей устойчивости. Длинное повѣтствованіе о нихъ не входитъ въ задачу этой брошюры.

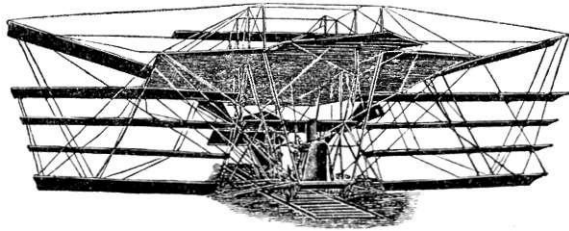


Рис. 21.

Самый большой аэропланъ былъ построенъ въ 1894 г. изобрѣтателемъ скорострѣльныхъ пушекъ Максимомъ. Его аэропланъ изображенъ на прилагаемомъ рисункѣ 21. Сконструированная и построенная Максимомъ необычайно легкая паровая машина въ 300 лощ. силъ вѣсила 900 kgr.

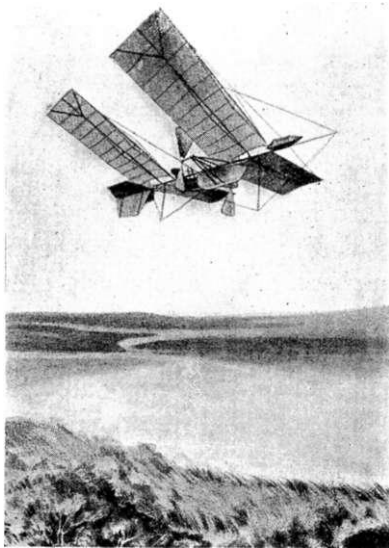


Рис. 22.

съ котломъ и водой, а весь аэропланъ съ пассажирами вѣсилъ 4500 kgr. (около 300 пуд.). Опорную площадь представляли планы, расположенные въ четыре этажа; общая площадь плановъ была 360 кв. метровъ. Такъ какъ изобрѣтатель не считалъ машину устойчивой, онъ пускалъ ее по рельсамъ, при этомъ каждое колесо было помещено между двумя рельсами и могло катиться по верхнимъ или нижнимъ рельсамъ; чтобы катиться по верхнимъ рельсамъ, машина должна была подняться на 4 дюйма. При скорости 15 метровъ, которую могъ сообщить двигатель, аэропланъ терялъ весь свой вѣсъ, но былъ вовсе неустойчивъ. Такимъ образомъ Максимомъ доказалъ, что при помощи аэроплана можно быть поднять весьма большой грузъ.

Первый большой аэропланъ, давшій свободный полетъ, былъ построенъ Ланглеемъ въ 1396 году. Съ „аэродромомъ“ — такъ назывался аэропланъ Ланглея — было произведено два опыта надъ рѣкою Потомакъ (рис. 22). Аэродромъ вѣсилъ 13 килограммовъ и имѣлъ 4 шелковыхъ крыла, по 2 метра каждое. Между планами имѣлся промежутокъ, въ которомъ были поставлены гребные винты, приводимые въ движеніе 1-сильною паровою машиною. Запасъ воды и топлива былъ достаточенъ для 5 мин. дѣйствія. Приборъ разбѣгался по рельсамъ, уложеннымъ на плоту, и поднимался на воздухъ безъ пассажира. Противъ небольшого вѣтра аэродромъ пролеталъ 1600 метровъ со скоростью 15 mt/sec, и, израсходовавъ двигательную силу, спокойно опускался.

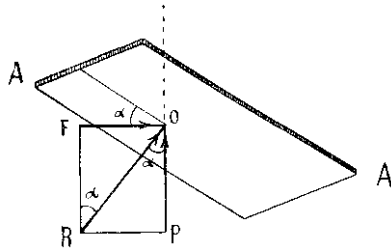


Рис. 23.

Требуемая устойчивость была достигнута. Опыты Максима и Ланглея показали, что разрѣшенія вопроса съ этой стороны не придется долго дожидаться.

Отъ аэроплана, такимъ образомъ, требуется известная грузоподъемность и устойчивость. Остановимся сначала на первой.

Аэропланъ представляетъ собою наклонную плоскость, на которую набѣгаетъ встречный вѣтеръ. Такъ какъ эта плоскость приподнятымъ концомъ обращена впередъ, она отклоняетъ частицы воздуха отъ ихъ горизонтальнаго напраленія внизъ; такимъ образомъ, создается нѣкоторое количество движенія внизъ, за счетъ чего аэропланъ и получаетъ подъемную силу.

Пусть на рисункѣ 23 O — есть точка приложенія силы давленія воздуха на плоскость AA , движущуюся подъ

угломъ α къ горизонту: пусть площадь AA будетъ S , а скорость движенія V . Тогда

$$R = ksv^2 \sin \alpha \dots \dots \dots (I)$$

$$P = ksv^2 \sin \alpha \cos \alpha \dots \dots \dots (II)$$

$$F = ksv^2 \sin^2 \alpha^* \dots \dots \dots (III)$$

Въ этихъ формулахъ $k = \frac{\gamma}{g}$ — плотности воздуха, дѣленной на ускореніе тяжести, P — грузоподъемная сила аэроплана, а F лобовое сопротивленіе движенію. Преодолювъ тягую гребного винта силу F , мы получимъ грузоподъемную силу P .

Взявъ отношеніе формулы (III) къ (II), получимъ:

$$\frac{F}{P} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

откуда:

$$F = P \cdot \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots (IV)$$

Изъ формулы (IV) видно, что, чѣмъ больше уголъ, подъ которымъ летаетъ аэропланъ, тѣмъ отношеніе $\frac{F}{P}$ больше. Въ слѣдующей таблицѣ дано отношеніе F къ P для угловъ между 6° и 16° предѣлы, между которыми колеблется уголъ летанія аэроплановъ.

α	6°	8°	10°	12°	14°	16°
$\frac{F}{P}$	0,105	0,140	0,176	0,212	0,249	0,287

Умноживъ равенство (IV) на V , получимъ работу, потребную на движеніе аэроплана:

$$Fv = T = Pv \cdot \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots (V)$$

Отсюда ясно, что для аэроплана выгодно летать подъ возможно малымъ угломъ. Предѣлы уменьшенію угла полагають: 1) скорость, такъ какъ, какъ видно изъ формулы (II),

*) Во всѣхъ этихъ формулахъ толщина площади AA и треніе воздуха по ней не приняты въ расчетъ для простоты. На самомъ дѣлѣ F будетъ больше вычисленнаго по этимъ формуламъ.

для поднятія одного и того же груза P требуется тѣмъ большая скорость, чѣмъ меньше уголъ α ; 2) — толщина плоскости AA аэроплана, и 3) то обстоятельство, что при полетѣ аэропланъ нѣсколько мѣняетъ величину α и при малыхъ углахъ можетъ изменить наклонъ и козырнуть.

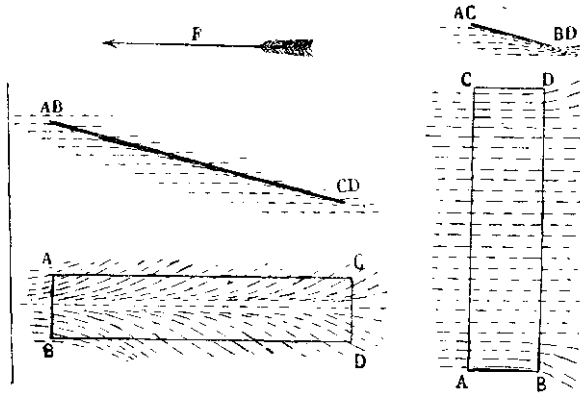


Рис. 24.

Дѣйствительная работа въ лошадиныхъ силахъ, необходимая на движеніе аэроплана, можетъ быть вычислена, если будетъ принято въ расчетъ треніе воздуха, сопротивленіе всѣхъ деталей машины и коэффициентъ полезнаго дѣйствія гребного винта.

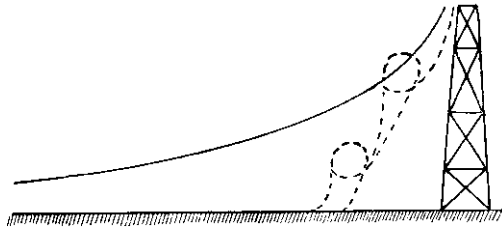


Рис. 25.

Опытъ и теорія показываютъ, что выгодно опорныя плоскости аэроплана (дальше будемъ ихъ называть „планами“) дѣлать длинными и узкими и располагать ихъ такъ, какъ это устроено въ крыльяхъ птицы. Объясняется это тѣмъ, что (рис. 24) при движеніи наклонной къ линіи движенія пластинки частицы воздуха успѣваютъ стекать въ бока пластинки, когда она движется впередъ узкой кромкой, не

отдавъ ей всей своей живой силы, чего не может происходить, если пластинка движется впередъ широкою кромкой. Наконецъ оказывается выгоднымъ давать планамъ вогнутость снизу со стрѣлого прогиба отъ $1/14$ до $1/10$ хорды.

Перейдемъ теперь къ вопросу объ устойчивости.

Если мы будемъ бросать съ башни модели аэроплановъ, то можетъ случиться, что одни, изъ нихъ будутъ падать порывами, то задомъ, то передомъ и козырять, другія будутъ опускаться плавно, приобретаая поступательную скорость и опишутъ кривую, указанную сплошною линією на чертежѣ 25; первыя модели будутъ неустойчивыми, вторыя — устойчивыми. Такая башня, высоту въ 41 метръ. была построена на Парижской выставкѣ въ 1905 году въ аэро-клубѣ.

На конкурсѣ аэроплановъ окончательно выяснилось, что для того, чтобы аэропланъ былъ устойчивъ. необходимо: 1) помещеніе центра тяжести впереди центра площади плановъ и 2) планы должны быть расположены одинъ за другимъ съ промежуткомъ, какъ это сдѣлалъ Ланглей. Задолго передъ этимъ на второмъ московскомъ съѣздѣ естествоиспытателей С. С. Неждановскій демонстрировалъ модель очень устойчиваго планера *), который представлялъ собой два плана одинъ впереди другого, при чемъ задній представлялъ главную площадь, а передній былъ несравненно меньше, но, какъ и многое другое, это русское открытіе не получило распространенія, а затерялось.

Вторая поверхность аэроплана, дающая ему устойчивость, называется стабилизаторомъ. Чѣмъ разстояніе между главнымъ поддерживающимъ планомъ и стабилизаторомъ больше, тѣмъ устойчивѣе аэропланъ. Дѣйствіе стабилизатора слѣдующее: положимъ аэропланъ стремится повернуться около оси, проходящей черезъ центръ его тяжести и перпендикулярной линіи его движенія, — стабилизаторъ долженъ описать дугу, но воздухъ, разумеется, препятствуетъ этому и аэропланъ не кувиркается, кромѣ того стабилизаторъ и динамическимъ эффектомъ даетъ устойчивость аэроплану.

Кромѣ мотора, пропеллера и стабилизатора аэропланъ долженъ быть снабженъ двумя рулями: вертикальнымъ — для

*) Планеръ отъ аэроплана отличается тѣмъ, что не имѣетъ двигателя, а приобретааетъ поступательную скорость за счетъ паденія.

поворотовъ и горизонтальнымъ — „рулемъ высоты“. Дѣйствіе руля высоты поясняется рисункомъ 26. Пусть руль высоты $A'B'$ поставленъ въ такое положеніе, что аэропланъ движется горизонтально: пусть даѣе R есть равнодѣйствующая сила давленія на весь приборъ: разложимъ ее на силы V и H если переведемъ руль въ положеніе $A''B''$, онъ даѣе большую грузоподъемную силу, и тогда точка приложенія равнодѣйствующей спль давленія на главный планъ и руль перейдетъ впередъ и сила приметъ положеніе R' . Разложивъ R' на V' и H' —видимъ, что V' и P при новомъ положеніи руля даѣе пару, стремящуюся приподнимать переднюю часть аэроплана, и машина пойдетъ вверхъ. При отклоненіи руля высоты въ обратную сторону, аэропланъ начнетъ опускаться.

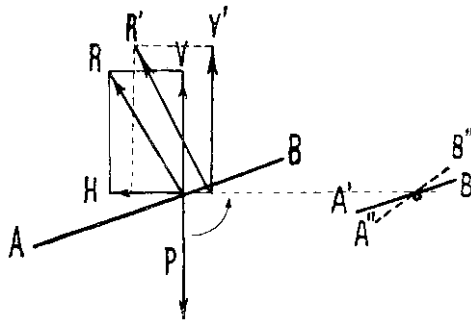


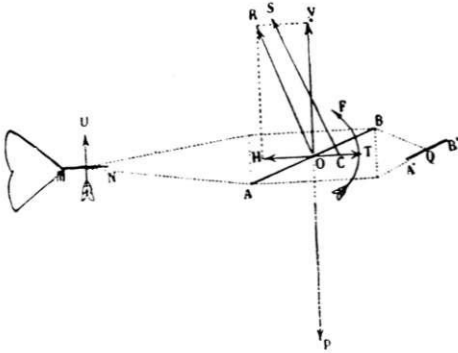
Рис. 26.

Такимъ образомъ схема аэроплана будетъ такова, какъ дано на рисункѣ 27, гдѣ AB — главный планъ, N — стабилизаторъ, M — вертикальный руль, Q — руль высоты.

Кромѣ продольной устойчивости, аэропланъ долженъ обладать еще и поперечной отстойчивостью, т.-е. возвращать свои крылья въ горизонтальное положеніе. Автоматически это не достигается, хотя вертикальные перегородки нѣсколько упрочиваютъ правильное положеніе машины. При описаніи типовъ аэроплановъ мы укажемъ, какимъ образомъ достигается эта поперечная отстойчивость.

Такъ какъ площадь плановъ пропорціональна квадрату измѣренія, а вѣсъ — кубу, то съ точки зрѣнія конструктивной выполненіе двухъ-этажныхъ аэроплановъ съ поддерживающими плоскостями одна надъ другой является болѣе легкимъ; вотъ почему появленіе двуплановъ предшествовало появленію однопланниковъ.

По нашему мнѣнію, однако, будущее принадлежит однопланникамъ, такъ какъ они допускаютъ большую скорость, а слѣдовательно и компактность. Они ближе подходят къ птицамъ; а ихъ болѣе изящная форма производитъ лучшее впечатлѣніе на глазъ конструктора.



Съ точки же зрѣнія теоретической поверхности двуплана должны оказывать неблагоприятное вліяніе другъ на друга. Сюда надо добавить, что спускъ однопланника, если встанетъ моторъ, надо считать болѣе безопаснымъ.

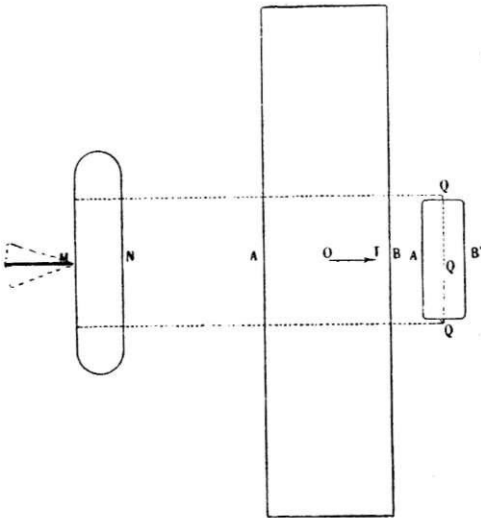


Рис. 27.

Перейдемъ теперь къ описанію типовъ аэроплановъ и начнемъ съ аэроплана бр. Вуазень.

Прилагаемая схема, гдѣ выставлены главнѣйшіе размѣры, (рис. 28) и общій видъ (рис. 29) даютъ полное представление о видѣ и размѣрахъ машины. На схемѣ P — обозначаетъ вѣсъ аэроплана со всей нагрузкой, v — скорость, необходимая для летанія. и p — грузъ, который приходится на

1 кв. метръ поддерживающей поверхности.

Основа аэроплана — каркасъ изъ ясеня, растянутый стальной проволокой. Стабилизаторомъ служитъ коробка DD , въ которой помѣщенъ вертикальный руль G . Управление обоими рулями производится однимъ колесомъ. Если воздухоплаватель поворачиваетъ его, онъ дѣйствуетъ на руль G посред-

ством тросовъ, заключенныхъ въ трубки „Бодень“, если двигаетъ впередъ и назадъ — поворачиваетъ руль высоты. Для автоматической отстойчивости имѣются вертикальныя

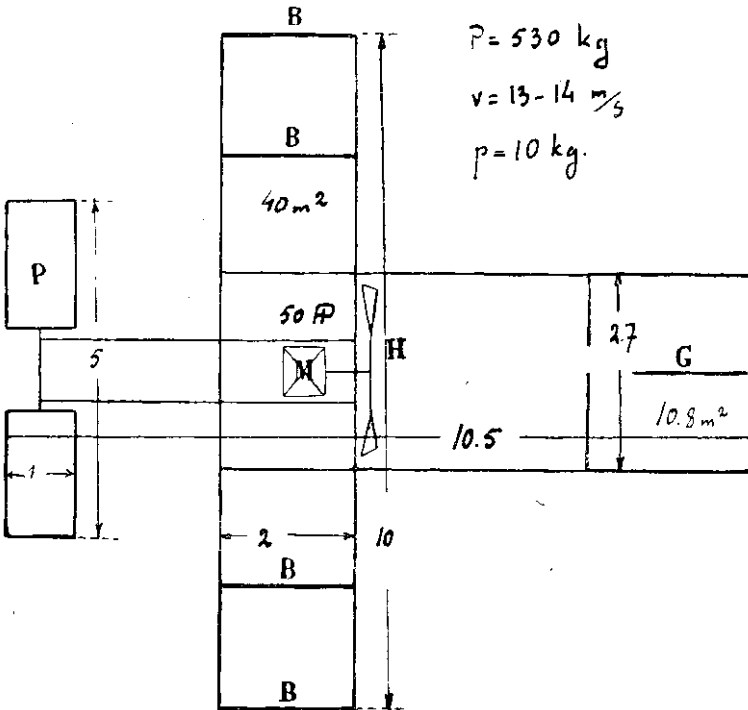
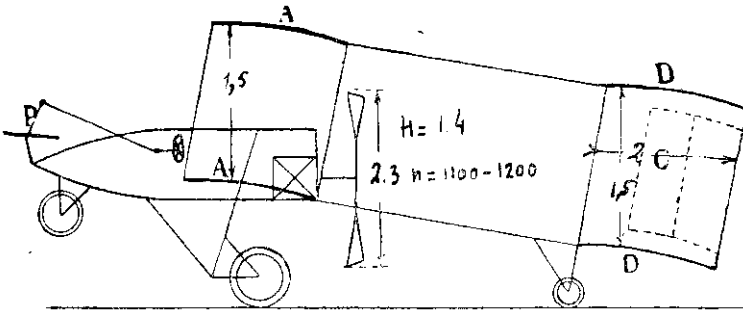


Рис. 28.

перегородки, но дѣйствуютъ онѣ неудовлетворительно, такъ что нѣкоторые авіаторы ихъ снимаютъ. При полетахъ воздухоплаватель рулемъ G приводитъ аэропланъ въ горизонтальное положеніе поворотомъ слѣдующимъ образомъ: если

онъ, положимъ, замѣчаетъ, что машина кренится лѣвымъ крыломъ, онъ поворачиваетъ вправо, лѣвое крыло забѣгаетъ, а правое отстаетъ, вслѣдствіе этого давленіе воздуха увеличится на лѣвое и уменьшится на правое крыло, и аэропланъ выправляется.

Весь аэропланъ помѣщается на 4-хъ колесахъ на пневматическихъ шинахъ, служащихъ для подъема и спуска его. Для того, чтобы колеса не препятствовали дѣлать повороты на землѣ, они могутъ вращаться около вертикальныхъ осей. Между телѣжкой (передней) и основной клѣткой аэроплана установлены сильныя пружины для смягченія толчковъ при

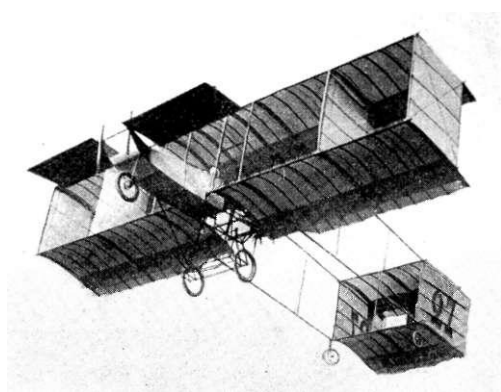


Рис. 29.

спускѣ. Пятое колесо впереди имѣется на случай, если аэропланъ при спускѣ ткнется носомъ въ землю.

Антуанета въ 50 *HP* вращаетъ винтъ, сидящъ на ея оси, со скоростью 1100—1200 оборотовъ въ минуту. Моторъ не совершенно жестко соединяется съ остовомъ, чтобы его работа не очень отзывалась на аэропланъ. Винтъ изъ двухъ стальныхъ трубчатыхъ спицъ съ алюминіевыми прогнутыми лопастями съ переменнымъ шагомъ по радиусу. Диаметръ и шагъ винта *H* даны на схемѣ*). Пустьвъ моторъ, воздухоплаватель разгоняетъ аэропланъ до требуемой скорости, и, сдѣлавъ нѣсколько порывистыхъ движеній рулемъ высоты

*) О винтахъ подробнѣе сказано въ отдѣльной главѣ.

P , отделяется от земли. Для разбѣга требуется пространство въ 50—100 метровъ. Такой аэропланъ можетъ поднимать двухъ воздухоплавателей.

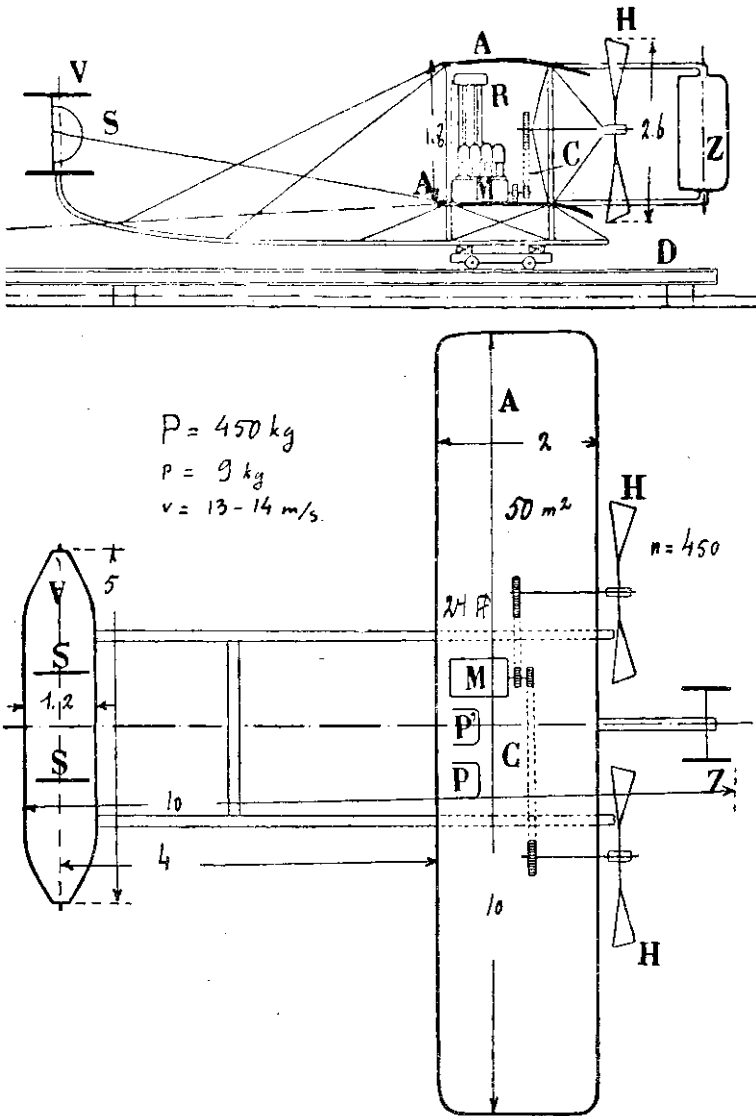


Рис. 30.

До сего времени лучшие результаты даетъ аэропланъ братьевъ Райтъ, къ описанію котораго мы сейчасъ переходимъ. Изъ прилагаемой схемы (рис. 30) и летящаго аэро-

плана (рис. 31) уясняется общее расположение и относительный размер частей машины. Особенности аэроплана Райта следующие: руль высоты и стабилизатор соединены в одном органе us ; стабилизатор — руль высоты и верти-

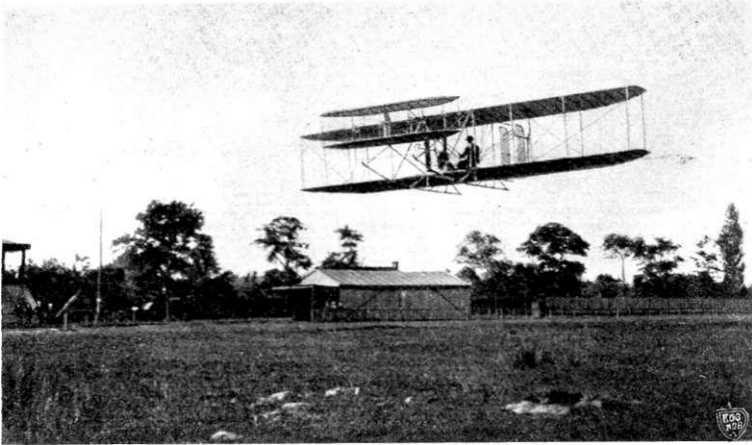


Рис. 31.

кальный руль z бипланной системы. На земле аэроплан ставится на тележку, которую при взлете оставляет. Двадцати четырехсильный керосиновый мотор M , почти обыкновенного автомобильного типа, вращает в разные стороны при помощи цепей Гая два деревянных винта с постоян-

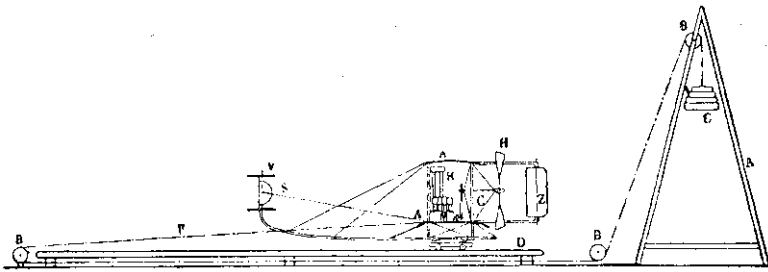


Рис. 32.

ным шагом. Воздухоплаватель помещается в P , а пассажир в P' . Аэроплан разбегается по рельсам D (рис. 32) на пространство 25 метров при помощи груза C в 1 тонну. В нужный момент трос F автоматически отцепляется.

В. Райту удавалось, однако, подниматься и безъ помощи башни, но тогда разбѣгъ аэроплана увеличивается на 50 метровъ. Полозья, которые являются основой аппарату, служатъ буферами при спускѣ аэроплана на землю.

Поперечная отстойчивость достигается управленіемъ отъ руки искривленіемъ задней и внѣшней кромки главныхъ плановъ. Переднія кромки главныхъ плановъ и ихъ средняя часть между стойками 5, 6, 7 и 8 сдѣланы твердыми, а заднія и боковыя части плановъ могутъ выгибаться и при томъ соединены такъ, что, если конецъ праваго крыла опускается, конецъ лѣваго поднимается, и наоборотъ, какъ это указано на схемѣ 33 внизу. Предположимъ, что аэропланъ кренится

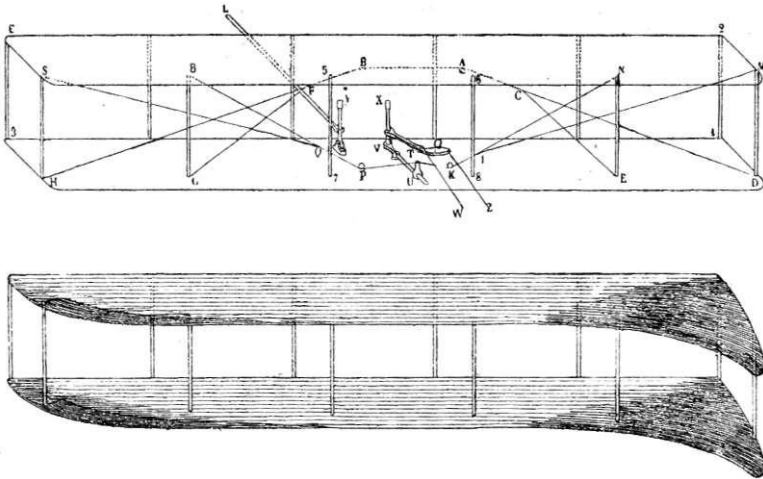


Рис. 33.

правой стороной, авіаторъ выгибаетъ планы такъ, какъ дано на схемѣ 33, правая часть получаетъ большій наклонъ къ горизонту, чѣмъ лѣвая, и аэропланъ принимаетъ горизонтальное положеніе. Опытъ показываетъ, что это превосходное разрѣшеніе вопроса.

Управленіе рулями и прогибомъ производится двумя рычагами *y* и *x* (схема 33 вверху). Рычагъ *y* связанъ съ рулемъ высоты—стабилизаторомъ. Поворачивая *x* около его оси *mn* при помощи тросовъ и блоковъ, авіаторъ управляетъ прогибаніемъ плановъ, а наклоняя его около точки *y* взадъ и впередъ, поворачиваетъ посредствомъ тросовъ *w* и *z* вертикальный руль.

Не безъ основанія Райты связали управленіе выгибомъ плановъ и вертикальнымъ рулемъ однимъ рычагомъ x . Положимъ, что мы отвели x влѣво и тѣмъ привели планы въ положеніе схемы 33 внизу, лобовое сопротивленіе праваго плана возрастетъ, лѣваго — уменьшится и аэропланъ стремится сдѣлать поворотъ вправо, но этому препятствуетъ вертикальный руль, такъ какъ съ отведеніемъ влѣво рычагъ x потянетъ за собою и тягу w къ рулю. Благодаря такому расположенію и сочетанію органовъ управленія, управленіе на практикѣ, несмотря на кажущуюся сложность, является чрезвычайно простымъ, а машина такъ послушна волѣ пилота, какъ ни одинъ изъ другихъ аппаратовъ. Ирогибаніе плановъ и вертикальный руль помогаютъ другъ другу, оттого такъ быстры и отчетливы маневры аэроплана Райтовъ.

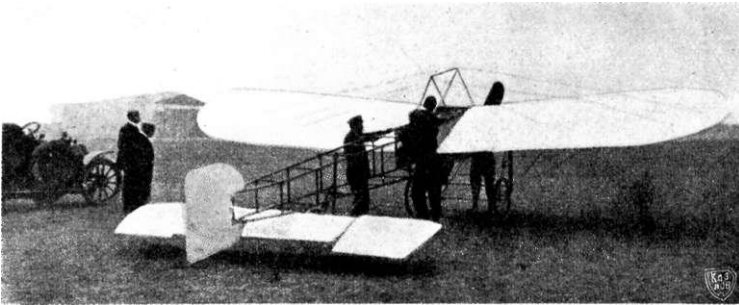
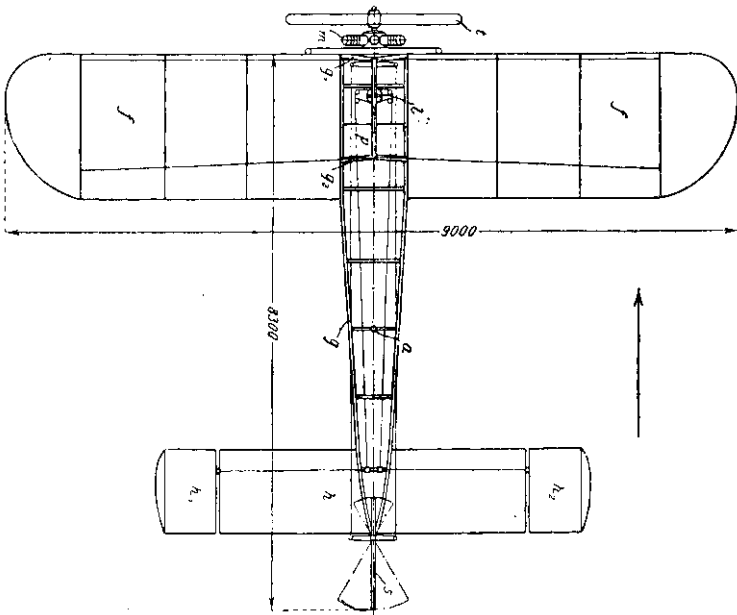


Рис. 34.

Аэропланъ Райта, имѣющій остовъ и винты изъ американской сосны, несмотря на тяжелый моторъ, нѣсколько легче аэроплана Вуазена, кромѣ того онъ не имѣетъ стабилизатора-коробки, дающей большое лишнее сопротивленіе движенію. Это обстоятельство въ связи съ тѣмъ, что два гребныхъ винта Райта имѣютъ болѣе высокій коэффициентъ полезнаго дѣйствія, такъ какъ вращаются медленнѣе, и даетъ возможность аэроплану съ двигателемъ почти въ два раза болѣе слабымъ поднимать такой же полезный грузъ, какъ и французскимъ аэропланамъ. Кромѣ этого надо добавить, что болѣе тяжелый моторъ Райта дѣйствуетъ болѣе надежно и экономно въ расходѣ топлива, чѣмъ французскіе легкіе двигатели.

Переходимъ теперь къ описанію моноплановъ. Изъ нихъ остановимся лишь на двухъ — Блеріо XI, какъ на наиболѣе разработанномъ изъ моноплановъ и „Demoiselle" Сантосъ Дюмона, какъ на самомъ маленькомъ аэропланѣ.

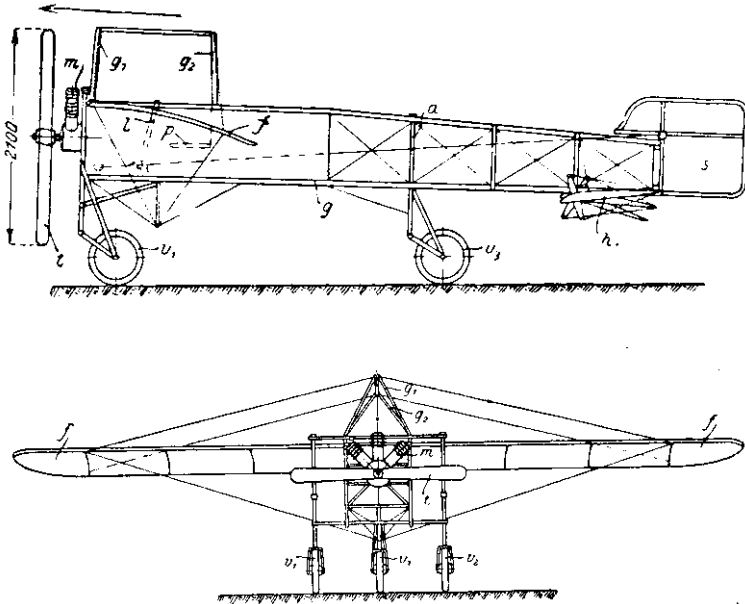
На рисунке 34 представленъ аппаратъ Блеріо XI, на которомъ былъ совершенъ перелетъ черезъ Ламаншь, а на чертежахъ 35 и 36 даны схемы его. Этотъ изящный монопланъ стоитъ на трехъ колесахъ — двухъ впереди, соединенныхъ между собою и поворачивающихся вмѣстѣ, и третьяго подь



Черт. 35.

длинною фермою. Общая площадь поддерживающихъ главныхъ плановъ *A* и небольшого стабилизатора *B* 17 кв. метровъ, а вѣсъ всего аэроплана безъ воздухоплатателя 185 кгг. Руль высоты аэроплана назади и состоитъ изъ двухъ небольшихъ крылышекъ, сидящихъ на общей оси съ боковъ стабилизатора. Поперечная отстойчивость достигается искривленіемъ главныхъ плановъ но способу бр. Райтъ. Лобовая передняя ферма аэроплана изъ металлическихъ трубъ покоится на упругихъ рессорахъ и несетъ впереди 25 сильный моторъ *Anzani* въ 3 цилиндра вѣромъ и съ махови-

комъ въ картерѣ*). „Интегральный” винтъ изъ дерева помѣщается передъ планами на оси двигателя. Къ головной фермѣ прикрѣплена длинная деревянная пирамидальная ферма, несущая планы, воздухоплавателя, стабилизаторъ и рули. Позади мотора находится резервуаръ для бензина, за нимъ универсальный руль и кресло воздухоплавателя. Руль въ видѣ автомобильнаго имѣетъ три движенія; повороты его около оси заставляютъ троссами двигаться задній вертикальный руль, отклоненія впередъ и назадъ — управляютъ ру-



Черт. 36.

лемъ высоты, а—вправо и влево — искривленіемъ главных плановъ. На схемѣ 37 ясно расположеніе и дѣйствіе органовъ управления. Воздухоплаватель сидитъ такъ, что смотритъ выше плановъ. Запасъ бензина позволяетъ моноплану летать 2 часа 40 минутъ; скорость, при которой аэропланъ отдѣляется отъ земли, 12 метровъ, а наибольшая скорость полета по горизонтальному направленію 20,8 метра т.-е. около 75 километровъ въ часъ.

*) Картеромъ называется коробка, въ которой помѣщается кривошипный механизмъ.

На рисункѣ 38 одинъ изъ моментовъ во время полета Блеріо черезъ Ламаншь.

Въ настоящее время у Блеріо есть монопланъ съ моторомъ въ 65 силъ. могущій поднимать трехъ человекъ, — это № XII.

„Demoiselle“ Сантосъ Дюмона, внѣшній видъ которой представленъ на рисункѣ 39, а схема на чертежѣ

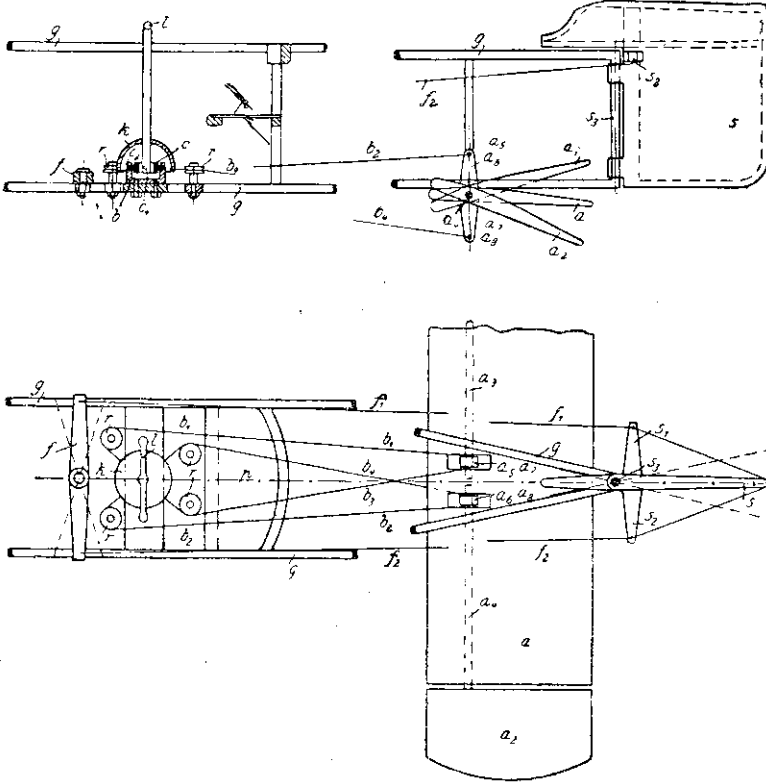


Рис. 37.

40 является самымъ маленькимъ и легкимъ аэропланомъ. Поддерживающая площадь всѣхъ плановъ 9 кв. метровъ, а вѣсъ всего аэроплана 118 килограммовъ. По общему расположенію частей аэропланъ похожъ на предыдущій — та же длинная ферма на двухъ колесахъ впереди и одномъ сзади, тѣ же вертикальный и горизонтальный рули на концѣ фермы. Воздухоплаватель помещается подъ планами, а двига-

тель надъ планами. Гребной интегральный винтъ впереди непосредственно на оси двигателя.

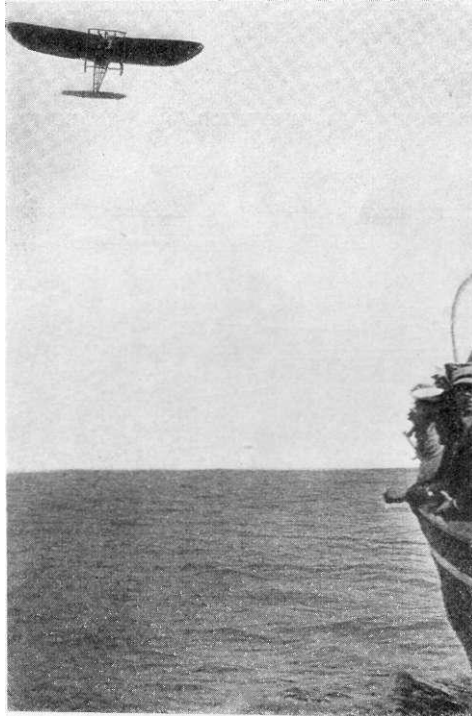


Рис. 38.

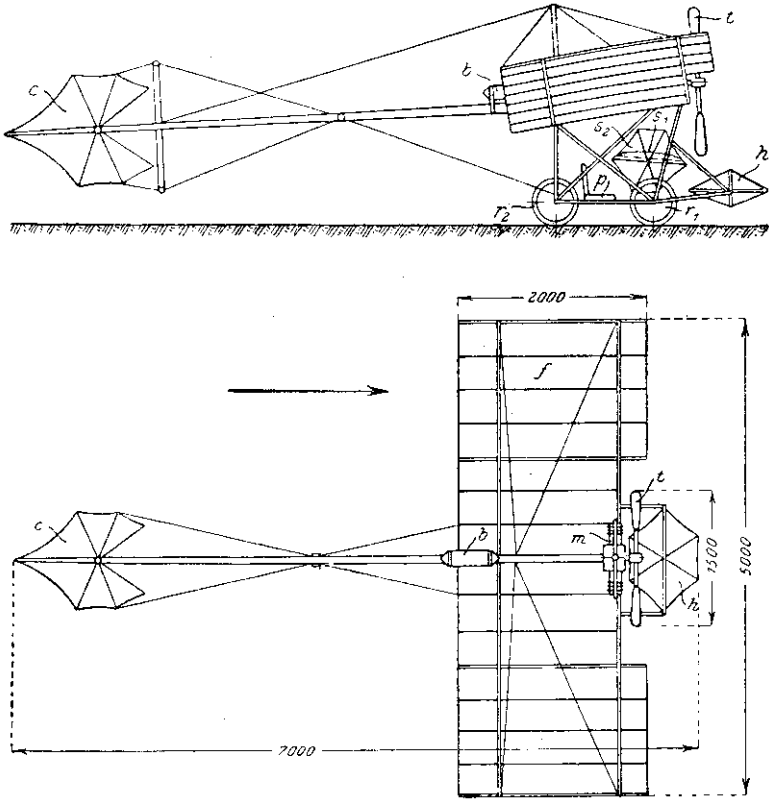
Помѣщеніе винта передъ планами имѣетъ три преимущества: 1) планы находятся подъ болѣе быстрымъ потокомъ



Рис. 39.

воздуха, 2) аэропланъ устойчивѣе на пути, такъ какъ его тянеть, а не толкаетъ движитель и 3) лучше охлаждается

моторъ. Къ неприятымъ сторонамъ такого расположенія надо отнести то, что воздухоплаватель сидитъ въ потокѣ отъ винта, скорость котораго на 54% больше поступатель-



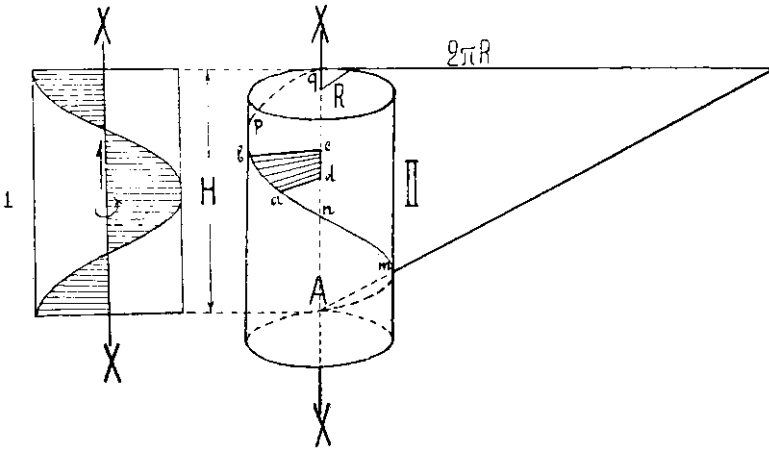
Черт. 40.

ной скорости аэроплана, и что горизонтъ впереди заслоняется вращающимся винтомъ, хотя потемнѣнiе это очень незначительно, такъ какъ лопасти винта не широки.

Гребные винты летательныхъ машинъ.

Въ настоящее время пропеллеромъ (двигителемъ) всѣхъ летательныхъ машинъ употребляется исключительно гребной винтъ. Рабочую поверхность гребного винта дѣлаютъ близкой къ формѣ математической винтовой поверхности. Эта

послѣдняя получается, если вращать отръзокъ прямой (чер. 41 I) вокругъ оси XX и двигать вдоль XX , оставляя все время перпендикулярнымъ къ оси, и при томъ такъ, что отношеніе скоростей угловой (вращенія) и поступательной по оси за все время движенія остается постояннымъ. Иначе винтовую поверхность можно образовать такъ: на круглый прямой цилиндръ A (чер. 41 II) наверхнемъ прямоугольный треугольникъ изъ бумаги; тогда на цилиндрѣ гипотенуза AC ляжетъ по нѣкоторой кривой въ пространствѣ $Amprq$, называемой винтовой линіей; станемъ изъ всякой точки $Amprq$ кривой опускать перпендикулярны на ось XX цилиндра A , и перпендикуляры эти дадутъ винтовую поверхность.



Черт. 41.

Величина по оси или по периферіи подъема винтовой поверхности за полный оборотъ называется *линейнымъ шагомъ винта* или просто *шагомъ*. Если мы начнемъ вращать ось винта, то его поверхность врѣжется въ воздухъ и будетъ отѣснять его; но такъ какъ воздухъ упругъ и подвиженъ, за полный оборотъ винтовая поверхность отѣснить его не на величину *шага* винта — H , а на меньшую величину H' ; разница между H и H' называется *скольженіемъ* винта.

Опытъ показываетъ, что нѣтъ надобности для пропеллера брать всю винтовую поверхность, а достаточно вырѣзать изъ нея нѣкоторую часть $abcd$ (чер. 41II); часть $abcd$ называется *крыломъ* или *лопастью* винта. Если мы изъ винтовой по-

верхности возьмем секторъ, то получимъ лопасть съ постояннымъ шагомъ, такъ какъ подъемъ винтовой линіи въ любой точкѣ будетъ одинаковъ. Опытъ показываетъ, что части винта ближе къ оси гребутъ плохо, поэтому въ большинствѣ случаевъ ими не пользуются. Получить поверхность лопасти, близкую къ винтовой, можно слѣдующими теперь принятыми способами.

Опредѣливъ по ниже приведеннымъ формуламъ діаметръ D и шагъ винта — H и задавшись центральнымъ угломъ сектора лопасти α (обычно отъ 10^0 — 22^0 $30'$), вычисляемъ подъемъ для лопасти h

$$h = \frac{D \cdot \alpha}{360}$$

Далѣе поступаютъ по одному изъ слѣдующихъ трехъ способовъ:

1) Укрепляютъ на оси перпендикулярно къ ней два стержня aa (чер. 42 I) подъ угломъ α другъ къ другу на разстояніи по оси h ; затянувъ поверхности между ними bb металломъ, полотномъ или чѣмъ инымъ, получимъ винтъ Ренара.

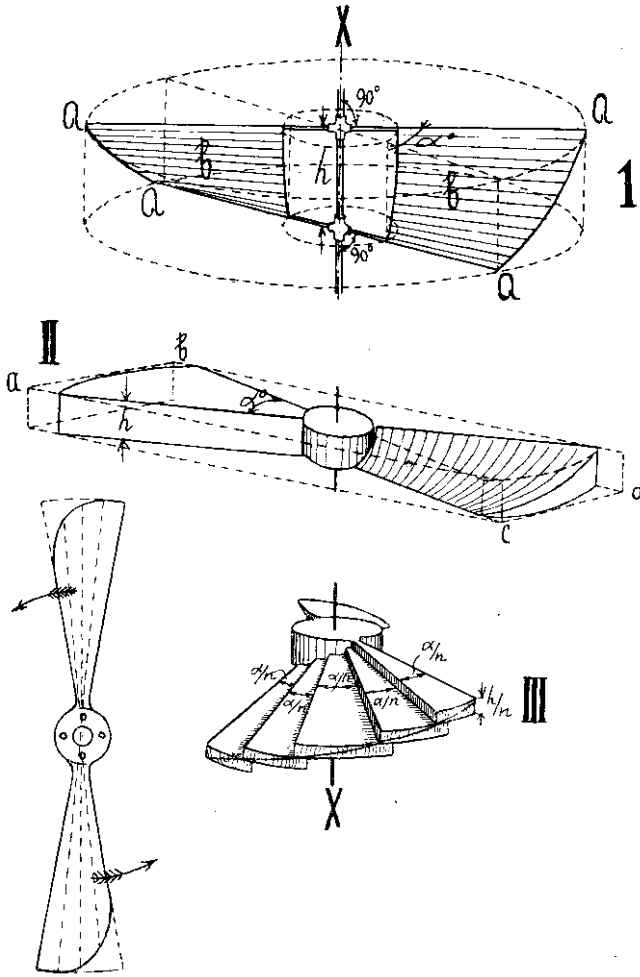
2) Взявъ доску толщиной h и вырѣзавъ изъ нея секторъ $abcd$ съ центральнымъ угломъ α^0 , срѣзаемъ дерево съ кромки на кромку наискось, какъ показано на чертежѣ 42 II, получимъ косую поверхность, близкую къ винтовой.

3) Нарѣзавъ изъ досокъ толщиной $\frac{h}{n}$ — $(n-1)$ секторовъ съ центральнымъ угломъ нѣсколько больше $\frac{\alpha}{n}$ и 1 съ центральнымъ угломъ $\frac{\alpha}{n}$, накладываемъ и склеиваемъ ихъ вѣромъ такъ, чтобы одинъ своей кромкой отрѣзалъ у другого секторъ $\frac{\alpha}{n}$ (чер. 42 III); снявъ ступеньки, получимъ общеупотребительный „интегральный” винтъ Шовьера.

Опытъ показываетъ, что выгодно 1) закруглять внѣшнюю кромку лопасти, какъ указано на лопасти интегральнаго винта; 2) дѣлать лопасть вогнутою со стрѣлою прогиба $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{14}$; 3) увеличивать шагъ винта по радіусу къ центру; 4) уменьшать шагъ входящей кромки лопасти на 10—15% для уменьшенія удара, 5) число лопастей брать

2—3, 6) кромки дѣлать острыми, а 7) поверхность лопасти гладкой.

Въ заключеніе привожу нѣсколько наиболее простыхъ формулъ для приближительнаго расчета гребного винта, за-



Черт. 42.

имствованныхъ мною у Ш. Ренара и изъ II-го тома трудовъ Аэродинамическаго Института Д. П. Рябушинскаго.

Далѣе обозначаютъ:

P — тяга винта въ кгг.

T — работа въ кггмт. (1 лош. сила = 75 кггмт.).

n — число оборотовъ въ секунду.

N — работа въ лиш. силахъ.

R и D — радиусъ и діаметръ винта.

Δ отношеніе плотности воздуха при полетѣ къ плотности при температурѣ 0° и 760 м/м давленія.

v — поступательная скорость машины въ метрахъ.

Тогда, какъ даетъ практика,

$$H = \frac{v}{n \cdot 0,65} \dots \dots \dots (1)$$

Для геликоптернаго винта по Реиару, если $\frac{H}{D}$ не болѣе 0,75.

$$P = 0,0234 n^2 D^4 \dots \dots \dots (2)$$

$$T = 0,017 n^3 D^5 \dots \dots \dots (3)$$

Для пропеллера по Вельнеру

$$P = a N D^{3/2} \dots \dots \dots (4)$$

гдѣ $a = 9$,

Для пропеллера по Д. П. Рябушинскому

$$P = 0,43 \Delta R^2 (n^2 R^2 - 0,64 v^2) \dots \dots \dots (5)$$

$$T = 1,25 P n R \dots \dots \dots (6)$$

Двигатели летательныхъ машинъ.

Легкіе двигатели, при помощи которыхъ вращаются пропеллеры летательныхъ машинъ, суть тепловые двигатели *внутренняго сгорания*, точнѣе съ *внутренней топкой*.

Предположимъ, что мы имѣемъ цилиндръ и поршень, плотно движущійся въ немъ. Вдвинемъ поршень не до конца и станемъ подогрѣвать воздухъ, заключенный между поршнемъ и дномъ цилиндра; воздухъ начнетъ расширяться и производить давленіе на поршень; давая возможность поршню двигаться, мы можемъ отъ него получить иѣкоторую работу. Подогрѣваніе газа мы можемъ получить, сжигая топливо снаружи или въ самомъ цилиндрѣ, — въ послѣднемъ случаѣ мы получимъ внутреннюю топку.

На практикѣ внутреннюю топку осуществляютъ такъ. Выдвигая поршень, насасываютъ черезъ клапанъ въ цилиндръ паровъ бензина и воздуха въ такомъ количествѣ, которое необходимо для сгорания бензина; затѣмъ, вдвигая поршень, сжимаютъ смѣсь до 3—5 атмосферъ, что необходимо

для воспламенения смѣси, и зажигаютъ смѣсь электрической искрой; давление подъ поршнемъ повышается до 9—15 атмосферъ и съ силой выталкиваетъ поршень — это и есть рабочій ходъ поршня. После того какъ рабочій ходъ совершёнъ, вдвиганіемъ поршня выталкиваютъ сгорѣвшіе газы и начинаютъ процессъ снова.

Такой способъ дѣйствія называется работой въ четыре такта, такъ какъ на четыре хода поршня одинъ рабочій:

- первый ходъ — всасываніе смѣси,
- второй ходъ — сжатіе смѣси,
- третій ходъ — расширение (рабочій ходъ),
- четвертый ходъ — выталкиваніе продуктовъ сгорания.

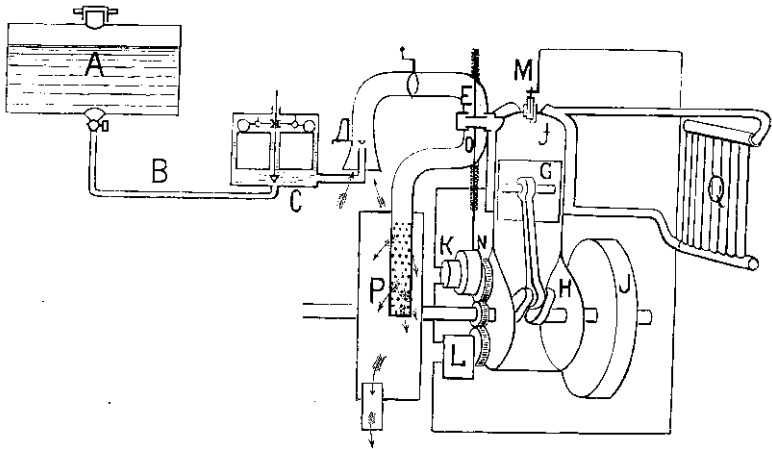


Рис. 43.

На схемѣ 43 показанъ въ разрѣзѣ четырехтактный двигатель внутреннего горѣнья. Изъ резервуара *A* бензинъ по трубкѣ *B* идетъ въ карбураторъ *CD*. Карбураторомъ называется часть машины, гдѣ готовится взрывчатая смѣсь. Бензинъ распыляется и смѣшивается съ воздухомъ. При помощи поплавка и клапанчика въ *C* регулируется притокъ бензина въ трубку *D* съ весьма тоненькимъ кольцевымъ отверстіемъ. Когда двигатель сосетъ, воздухъ поступаетъ въ растрѣубъ, гдѣ указано стрѣлками, распыляетъ и уноситъ съ собою бензинъ. Карбураторъ это душа двигателя.

Самъ же двигатель имѣетъ слѣдующее устройство. Цилиндръ *F*, въ которомъ движется поршень въ видѣ стакана *G*, открытъ снизу, а сверху при помощи клапана впуска *E* со-

общается съ корбураторомъ и клапана O — съ наружнымъ воздухомъ; черезъ O удаляются продукты сгорания.

При помощи шатуна поршень соединяется съ колѣнчатымъ валомъ двигателя, на которомъ сидятъ маховикъ I и зубчатое колесо, отъ котораго приводится въ движеніе динамомашина L для запала и кулачекъ N , управляющій движеніемъ клапана O а также и контактомъ K .

Станемъ вращать маховикъ по часовой стрѣлкѣ. Поршень пойдетъ внизъ и станетъ насасывать смѣсь изъ корбуратора черезъ клапанъ E , который открывается внизъ. Будемъ продолжать вращеніе; поршень пойдетъ вверхъ, клапанъ E закроется, а смѣсь будетъ сжиматься. Когда поршень дойдетъ до верхней точки, контактъ K дастъ искру въ свѣчѣ M , произойдетъ воспламененіе, и поршень бросится внизъ съ большою силою. Маховикъ сразу пріобрѣтетъ такую инерцію, что будетъ въ состояніи поршнемъ вытолкнуть сгорѣвшіе продукты черезъ клапанъ O , который откроется въ нужное время, забрать смѣсь и сжать ее для слѣдующаго взрыва.

Такъ какъ температура при взрывахъ бываетъ очень высока, приходится охлаждать цилиндръ. Для этого вокругъ цилиндра дѣлается рубашка; между стѣнками рубашки и цилиндра циркулируетъ вода. Чтобы вода не иагрѣвалась, ее заставляютъ проходить черезъ радиаторъ Q — систему трубъ съ большою поверхностью; воздухъ, проходя между трубками радиатора, охлаждаетъ воду въ немъ. Иногда охлажденіе устраиваютъ проще: дѣлаютъ цилиндръ ребристымъ, и воздухъ, проходя между ребрами, охлаждаетъ цилиндръ.

Всѣ части двигателя можно сдѣлать легкими за исключеніемъ маховика, который долженъ обладать инерціей; поэтому легкой двигатель долженъ работать безъ маховика. Для того, чтобы это было возможно, дѣлаютъ двигатели многоцилиндровыми и ихъ рабочіе ходы распредѣляютъ такъ, чтобы они шли одинъ за другимъ по возможности съ равными промежутками. Употребленіе многихъ цилиндровъ выгодно еще въ томъ отношеніи, что тогда можно лучше использовать колѣнчатый валъ, распредѣлительные органы и органы для запала, да и всю станину и картеръ сдѣлать относительно легче, такъ какъ двигатель идетъ съ менѣе значительными толчками.

Остановимся на типичных из существующих легких двигателях. Самым старшим из них является „Антуанета“ Левавассера. На чертеже 44 дан разрыв 8-ми цилиндрового двигателя в 45—50 лошадиных сил, а на рисунке 45 общий вид. Цилиндры Антуанеты расположены в два ряда, наклоненных друг к другу под углом 90° ; такое расположение позволяет при четырех кривошипах сделать так, что рабочие ходы следуют друг за другом с равными промежутками. Размеры двигателя таковы: диаметр цилиндра 105 мм, ход поршней

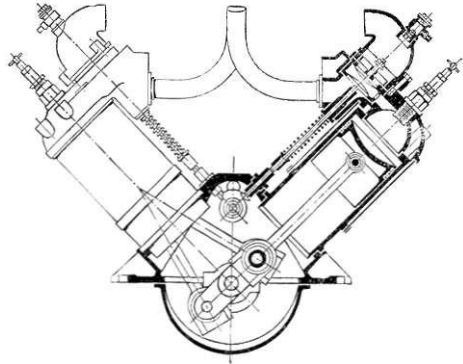


Рис. 44.

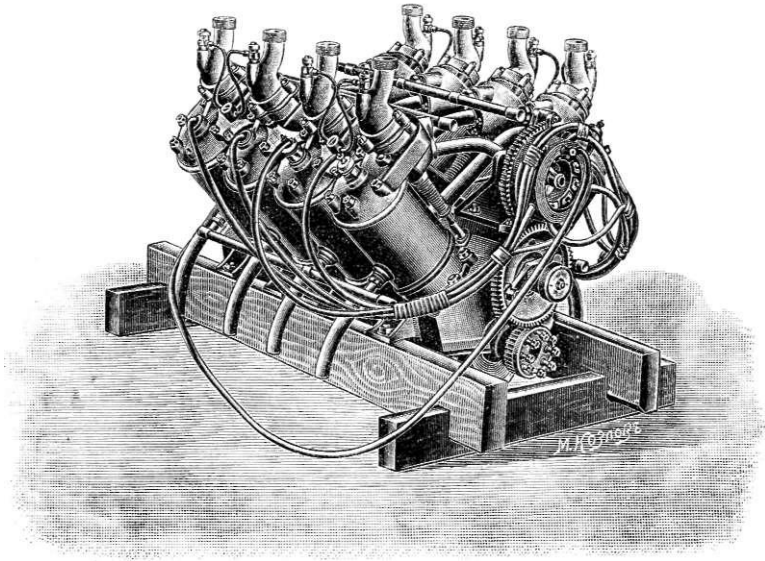


Рис. 45.

тоже 105 мм, число оборотов 1200 в минуту, полый коленчатый из никелевой стали вал имеет диаметры 35 и 25 мм. Общий распределительный вал управляет выпускными клапанами и контактом на эбонитовом кольце.

Двигатель работает без карбуратора; подача бензина производится самотекомъ или маленькимъ скальчатымъ насосомъ по трубочкамъ, идущимъ отъ насоса и оканчивающимся у насасывающихъ клапановъ. Регулирование подачи бензина производится изменениемъ хода скалки насоса.

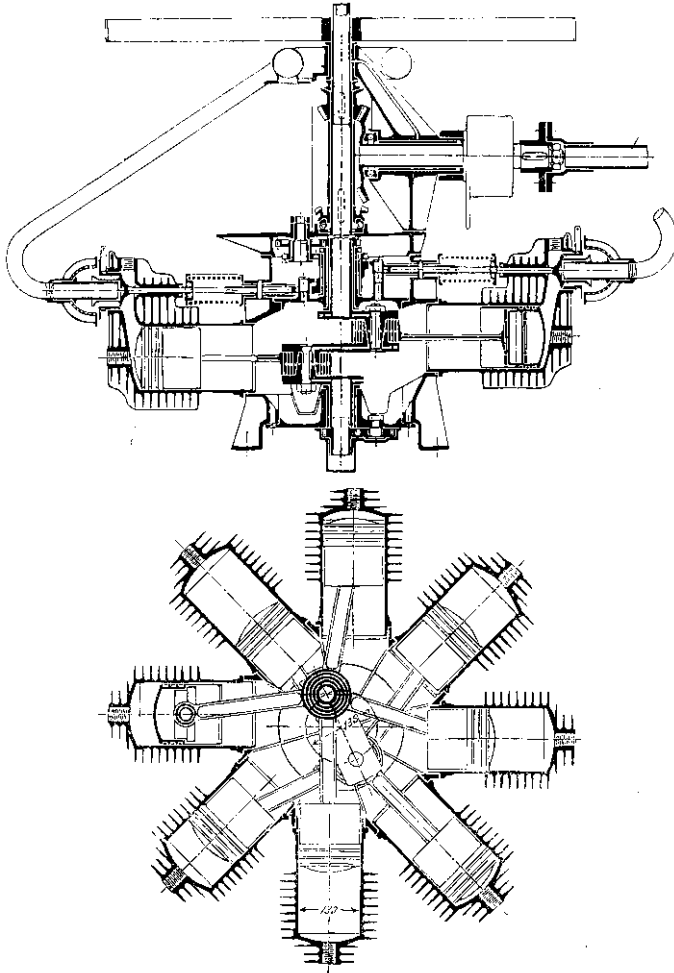


Рис. 46.

что можно дѣлать во время хода. Запаль производится сухой батареей съ индукціонной катушкой „Вагу“. Время запала можно мѣнять поворотомъ отъ руки кольца контактовъ; чѣмъ раньше запаль, тѣмъ сильнѣе работаетъ двигатель. Охлаждение водяное; воды въ радиаторъ и рубашки входитъ 20 литровъ. Смазка производится насосомъ, непрерывно пере-

качивающимъ масло изъ нижней части картера въ верхній къ распредѣлительному валу.

Вѣсъ двигателя 70 kgr., вѣсъ батареи и индукціонной катушки 16 kgr., вѣсъ масла въ картере 8 kgr. и охлаждающей воды съ радиаторомъ и трубками къ нему — 25 kgr., такъ что вѣсъ всего двигателя безъ топлива 119 kgr.

Самымъ легкимъ двигателемъ въ настоящее время является 100 сильный звѣздообразный двигатель Farcot. Его восемь цилиндровъ (рис. 46) расположены въ двухъ горизонтальныхъ плоскостяхъ одна надъ другой и дѣйствуютъ на два кривошипа. Цилиндры должны быть расположены именно

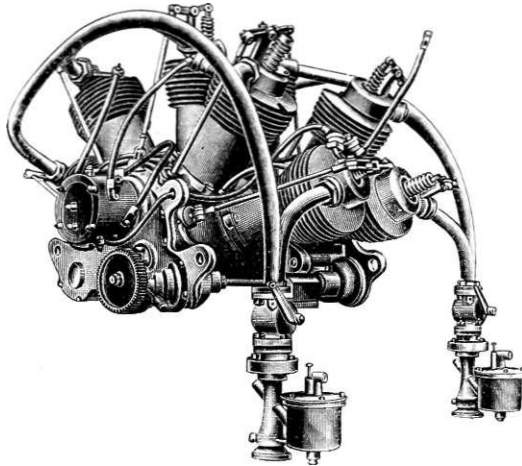


Рис. 47.

въ горизонтальной плоскости, такъ какъ въ вертикальной — нижніе заливались бы масломъ. Надъ звѣздой расположенъ вентиляторъ для воздушнаго охлаждения. Работу двигателя берутъ съ горизонтальнаго вала.

Особенностью двигателя является нерадіальное расположение цилиндровъ, для того чтобы во время рабочаго хода уголъ кривошипа и шатуна былъ близокъ къ прямому. Клапаны впуска и выпуска соединены въ одинъ, управляемый кулачками; въ зависимости отъ положенія клапанъ мѣняетъ свою роль. Вѣсъ двигателя безъ топлива 95 kgr. Звѣздообразные двигатели пока не привились, но ихъ видоизмѣненіе въ верообразные дали превосходные результаты.

Изъ вѣрообразныхъ укажемъ моторъ R. Esnault Pelterie, получившій названіе „Rep.” (рис.47). Эти двигатели изготовляются въ 5 и 7 цилиндровъ, расположенныхъ въ двухъ плоскостяхъ и дѣйствующихъ на два кривошипа. Два корбуатора снабжаютъ двигатель горючей смѣсью. а управляемые клапаны исполняютъ двойную роль, какъ и въ двигатель Farcot. Расположеніе цилиндровъ радіальное, охлажденіе воздушное а вѣсь семицилиндроваго двигателя въ 30 — 35 лошадиныхъ силъ 68 килограммовъ.

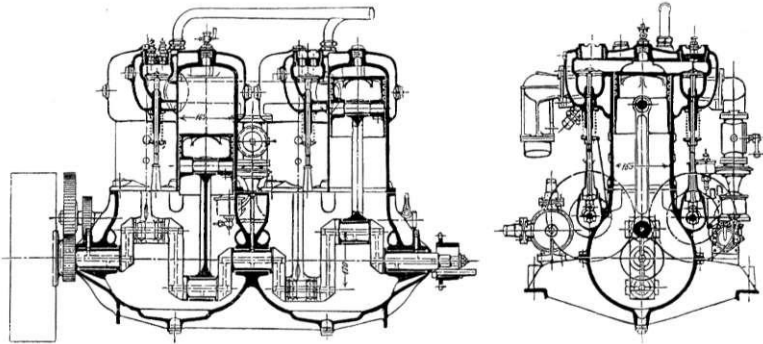


Рис. 48.

Вышеописанные двигатели употребляются для аэроплановъ, для направляемыхъ же аэростатовъ и братья Райтъ берутъ болѣе тяжелые, приближающіеся къ типу автомобильныхъ двигатели. Такіе двигатели болѣе экономны въ смыслѣ затраты топлива и болѣе надежны въ дѣйствиі. Обычно они четырехцилиндровые и съ маховикомъ, какъ дано на рисункѣ 48; это 70 сильный двигатель „Republique”. Вѣсь этого двигателя 270 kgr.

На складъ комисіи имѣются еще слѣдующія книги:

- Д-РЪ MICHAELIS.** Краткій курсъ исторіи развитія
человѣка. Переводъ подъ редакціей проф. Огнева.
200 стр. М. 1909 г. 1 р. — к.
- МАКСЪ-ЛЕ-БЛАНЬ.** Учебникъ Электрохиміи. Пере-
водъ подъ редакціей прив.-доц. Титова.
VIII + 296 стр. М. 1908 г. 2 „ 50 „
- ПРОФ. ЛЕБЕДЕВЪ.** Опытная физика (электричество
и магнетизмъ), конспектъ лекціи.
104 стр. М. 1908 г. 1 „ 10 „
- ПРОФ. ЧАПЛЫГИНЪ.** Механика системы, часть I.
(печатается).
- ПРОФ. ЧАПЛЫГИНЪ.** Механика системы, часть II.
179 стр. М. 1907 г. 1 „ 50 „
- ПРОФ. ГОРОЖАНКИНЪ.** Лекціи по морфологш и си-
стематикѣ низшихъ растений, съ рисунками.
104 + XLIV стр. М. 1904 г. 1 „ — „
- ПРОФ. УМОВЪ.** Физика, часть II, съ рисунками.
441 стр. М. 1903 г. 2 „ 50 „
- WARBURG.** О кинетической теоріи газовъ.
33 стр. М. 1903 г. — „ 15 „
- ПРОФ. VANTHOFF.** Химическое равновѣсіе въ систе-
махъ газовъ разведенныхъ растворахъ.
114 стр. М. 1902 г. — „ 60 „
- HELMHOLTZ.** Два изслѣдоваша по гидродинамикѣ.
(Вихри) 108 стр. М. 1902 г. — „ 60 „
- Slaby.** Беспроволочный телеграфъ.
48 стр. М. 1902 г. — „ 60 „

Студентамъ и книгопродавцамъ скидка.

АДРЕСЪ СКЛАДА:

Москва, Университетъ, Физическій Институтъ.
