

**М. Кантелу**

**Этюд по авиации**

**Теория аппаратов  
механического полета**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 656  
ББК 39.1  
М11

М11 **М. Кантелу**  
Этюд по авиации: Теория аппаратов механического полета / М. Кантелу – М.:  
Книга по Требованию, 2021. – 177 с.

**ISBN 978-5-458-46661-5**

**ISBN 978-5-458-46661-5**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



## ГЛАВА I.

### В в е д е н і е.

**Краткій историческій очеркъ.** Первые попытки въ области авіаціи, т. е. перемѣщенія въ воздухѣ при помощи аппаратовъ тяжелѣе послѣдняго, предшествуютъ даже изобрѣтенію воздушныхъ шаровъ.

Если вѣрить мифологіи, то за 400 лѣтъ до Р. Хр. Дедалъ и его сынъ Икаръ, заключенные по приказанію царя Миноса въ знаменитый лабиринтъ на островѣ Критѣ, получили свободу при помощи крыльевъ, сдѣланныхъ ими изъ перьевъ и воска.

Юный, самонадѣянный Икаръ настолько приблизился къ солнцу, что воскъ, которымъ были склеены его крылья, растаялъ, и онъ погибъ въ морѣ.

Эта легенда показываетъ намъ, что человѣкъ еще въ доисторическія времена мечталъ побѣдить воздухъ, подражая полету птицъ.

Исторія знаетъ очень много попытокъ теоретическаго и практическаго изученія авіаціонныхъ аппаратовъ.

Въ XIII столѣтіи англійскій монахъ Рожеръ Баконъ положилъ начало изученію авіаціи.

Въ XIV столѣтіи въ Перонѣ Ж.-Б. Данте получилъ переломы ногъ во время опыта съ крыльями своего изобрѣтенія.

Леонардо да Винчи оставилъ послѣ себя наброски искусственныхъ крыльевъ, которыя должны были поддерживать въ воздухѣ человѣка; ему же приписываютъ идею геликоптера.

Въ XVI столѣтіи англійскій монахъ О. де Мальмбери воспроизвелъ по описанію, данному Овидіемъ, крылья Икара

и во время опытовъ съ ними, подобно своему предшественнику И.—Б. Данте, получилъ переломъ ногъ.

Въ XVII столѣтіи тяжело поплавились при пробныхъ полетахъ Алларъ въ С.-Жерменъ и маркизь Баквилль въ Парижѣ.

Въ концѣ 1705 г. португальскій іезуитъ Гусмао произвелъ опытъ полета, о которомъ, впрочемъ, извѣстно только благодаря ссылкамъ на него.

Въ 1767 г. механику Бенье, изъ Сабле, удалось при помощи складывающихся и раскрывающихся крыльевъ, приводимыхъ въ движеніе руками и ногами, спуститься съ крыши дома и благополучно достигъ земли.

Въ 1772 г. каноникъ Дефоржъ на своемъ летательномъ аппаратѣ совершаетъ несчастный полетъ съ высоты Этамской башни.

5-го іюня 1783 г. поднимается первый аэростатъ бр. Монгольфье, въ основу висѣнія котораго въ воздухѣ былъ положенъ принципъ Архимеда. На это изобрѣтеніе возлагались большія надежды, такъ какъ благодаря ему осуществлялось одно изъ главныхъ условій воздухоплаванія, а именно, поддерживаніе себя въ воздухѣ.

Подобно тому, какъ появленіе паровой машины развѣнчало первоначальный двигатель со взрывами, точно также и изобрѣтеніе аэростата отвлекло вниманіе большинства изобрѣтателей отъ авіаціонныхъ аппаратовъ и направило ихъ исканія въ сторону нахожденія способовъ управленія воздушными шарами.

Тѣмъ не менѣе бесплодные опыты съ аппаратами тяжелѣе воздуха продолжаются: въ 1800 г. потерпѣли неудачу Бланшаръ и Кале, въ 1812 г. Дегенъ, въ 1854 г. погибъ въ Лондонѣ Летуэрръ, въ 1874 г. убится въ Кремонѣ Гроффи, наконецъ, Дельпратъ въ 1894 г. тщетно пытается отдѣлаться отъ земли на своемъ воздушномъ велосипедѣ.

Все эти опыты имѣли цѣлью поддерживать и перемѣщать человѣка въ пространствѣ при помощи его собственной мускульной силы, на подобіе птицы, что, однако, впоследствии было признано невозможнымъ.

Одинъ изъ талантливейшихъ нѣмецкихъ инженеровъ, Лиліенталь производилъ съ 1893 по 1896 г. опыты, имѣвшіе, собственно, цѣлью не полеты, а изученіе устойчивости

аэроплановъ. Имъ было произведено до 4000 такихъ полетовъ и въ концѣ концовъ онъ погибъ во время одного изъ нихъ, произведеннаго при слишкомъ сильномъ вѣтрѣ.

Изъ этого краткаго очерка можно видѣть, что идея авіаціи одна изъ тѣхъ, которыя во всѣ времена привлекали къ себѣ человѣческую мысль.

**Опредѣленія.** Во избѣжаніе всякихъ недоразумѣній мы напомнимъ точное значеніе различныхъ терминовъ.

*Аэростатика*—есть искусство держаться въ воздухѣ, будучи легче послѣдняго; употребляемые съ этой цѣлью аппараты называются аэростатами или воздушными шарами.

*Аэродинамика*—есть наука, изучающая условія движенія воздуха, давленіе, которое онъ при этомъ оказываетъ, утилизацію его энергии, сопротивленіе воздуха перемѣщенію тѣлъ и др.

*Аэронавтика* есть—общее названіе искусства перемѣщенія въ воздухѣ, независимо отъ того осуществляется-ли это перемѣщеніе при помощи аппаратовъ легче или тяжелѣе воздуха; однако, обычно этотъ терминъ соотвѣтствуетъ перемѣщенію при помощи аппаратовъ легче воздуха.

*Авіація*—искусство подражанія полету птицы, иначе говоря, умѣнье перемѣщаться въ воздухѣ при помощи аппаратовъ тяжелѣе послѣдняго.

Настоящее изслѣдованіе, какъ показываетъ заглавіе, касается только послѣдней отрасли воздушнаго сообщенія, которая всецѣло основывается на принципахъ аэродинамики.

**Классификація аппаратовъ тяжелѣе воздуха.** Авіаціонные аппараты могутъ быть раздѣлены на слѣдующія четыре группы:

- 1<sup>o</sup> *Орниттеры*, т. е. механическія птицы (орнитоптеры).
- 2<sup>o</sup> *Аэропланы*.
- 3<sup>o</sup> *Геликоптеры*.
- 4<sup>o</sup> *мѣшаные аппараты*.

*Орниттеры* имѣютъ крылья съ перемѣннымъ движеніемъ, при чемъ движутся и поддерживаются въ воздухѣ, воспроизводя приблизительно движенія птицъ.

*Дропланы* состоятъ изъ плоскостей или близкихъ къ нимъ по формѣ поверхностей, при чемъ эти поверхности составляютъ нѣкоторый опредѣленный уголъ съ направлениемъ движенія; при ихъ перемѣщеніи противодѣйствіе воздуха (вертикальная составляющая сопротивленія) уравниваетъ вѣсъ аппарата.

*Геликоптеры* поддерживаются въ воздухѣ при помощи винтовъ, вращающихся около вертикальной оси, а въ горизонтальномъ направленіи перемѣщаются при помощи винтовъ, вращающихся около горизонтальной оси. Дѣлались также опыты получить поддержаніе и перемѣщеніе геликоптера въ воздухѣ при помощи однихъ и тѣхъ же винтовъ, расположенныхъ на оси наклоненной къ вертикали.

*Смѣшанные аппараты* представляютъ собою различныя сочетанія первыхъ трехъ группъ. Въ нашемъ изслѣдованіи мы не будемъ ихъ касаться.

**Планъ настоящаго изслѣдованія.** Главной задачей настоящаго изслѣдованія является приложеніе къ различнымъ авіаціоннымъ аппаратамъ принциповъ механики, которые лежатъ въ основѣ ихъ дѣйствія. Кроме того мы должны изслѣдовать равновѣсіе авіаціонныхъ аппаратовъ при различномъ положеніи ихъ и работу, которую надо затратить для ихъ перемѣщенія.

Мы не будемъ описывать всѣ изобрѣтенные въ различное время аппараты и въ началѣ каждой главы перечислимъ только наиболѣе интересные опыты.

Мы не намѣрены также излагать спорныя теоріи и формулы; основные опыты по аэродинамикѣ настолько разнообразны по своимъ результатамъ, что ничего нельзя утверждать категорически. Приводимые нами числа могутъ считаться лишь приблизительными, такъ какъ должны быть проверены опытомъ; они существенно мѣняются въ зависимости отъ свойствъ движущейся поверхности, тѣмъ не менѣе они весьма облегчаютъ изысканія.

Совершенно справедливо, что маленькій опытъ предпочтительнѣе длинной теоріи, но необходимо умѣть заранѣе предугадывать результаты опыта и помогать работѣ при помощи теоретическихъ выводовъ.

Цѣль настоящаго изслѣдованія и заключается въ томъ, чтобы облегчить производство опытовъ.

## ГЛАВА II.

### Ортоптеры.

**Произведенные опыты.** Почти все опыты, перечисленные въ краткомъ историческомъ очеркѣ, были произведены при помощи ортоптеровъ. Мы видѣли, что эти аппараты, приводимые въ дѣйствіе мускульной силой человѣка, не дали благоприятныхъ результатовъ.

Все произведенныя попытки показываютъ только, что возобновлять ихъ не слѣдуетъ, такъ какъ все онѣ, или почти все, имѣли печальный исходъ.

Аппараты, приводимые въ движеніе помощью пружины, скрученной резины и т. п., а именно, аппараты Бланшара 1782 г., Марка Сегена 1846 г., Дю-Тампля 1861 г., Пено 1872 г., Гюро де Вильнева, Тиссандье, графа де Массія, Широ, Адера, Жобера, Лувріе, Пшхокура и другіе представляютъ извѣстный интересъ, но могутъ быть разсматриваемы только какъ научныя модели, или какъ игрушки.

Механической ортоптеръ, могущій поднять человѣка, по настоящее время еще не осуществленъ, несмотря на то, что удалось достигнуть значительнаго уменьшенія вѣса двигателей.

**Сопротивленіе воздуха.** Сопротивленіе воздуха движенію поверхности служило предметомъ многочисленныхъ изслѣдованій и опытовъ различныхъ ученыхъ, но, къ сожалѣнію, результаты этихъ опытовъ не согласуются между собою и даютъ различную величину для коэффициента сопротивленія. Однако, можно допустить, что для тонкой пластинки,

т. е. для плоскости, толщиной которой можно пренебречь, перемѣщающейся перпендикулярно къ направленію движенія, испытываемое сопротивленіе будетъ пропорціонально:

1<sup>о</sup> массѣ единицы объема среды, въ которой происходитъ перемѣщеніе плоскости (въ интересующемъ насъ случаѣ такою средою будетъ воздухъ);

2<sup>о</sup> размѣрамъ плоскости;

3<sup>о</sup> квадрату относительной скорости.

Такимъ образомъ сопротивленіе можетъ быть выражено слѣдующей формулой:

$$R = k \Delta S V^2,$$

гдѣ:  $R$  — сила сопротивленія воздуха, измѣряется въ килограммахъ,  $k$  — коэффициентъ, зависящій отъ среды, въ которой перемѣщается плоскость,  $\Delta$  — плотность среды (воздуха),  $S$  — поверхность плоскости въ квадратныхъ метрахъ и  $V$  — скорость движенія, выраженная въ метрахъ въ секунду.

Согласно опытамъ величина  $k \Delta$  колеблется для воздуха въ предѣлахъ отъ 0,09 до 0,16. Полковникъ Ш. Ренаръ считаетъ ее равной 0,125. Кроме того, найдено, что величина сопротивленія воздуха возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ квадратъ скорости движенія, что приписываютъ увеличенію упругости воздуха.

Въ виду такого характера зависимости силы сопротивленія воздуха, послѣдняя можетъ быть выражена только сложными формулами, однако, для практическаго примѣненія, полагая

$$k \Delta = K = 0,1$$

получимъ формулу:

$$R = K S V^2 = 0,1 S V^2, \quad . . . . . (2)$$

достаточно близкую къ дѣйствительности для плоскостей перпендикулярныхъ къ направленію движенія при величинѣ  $V$  въ предѣлахъ отъ 1 до 100 метровъ въ сек.

Въ этомъ случаѣ сопротивленіе  $R$  будетъ приложено въ геометрическомъ центрѣ разсматриваемой фигуры.

**Идеальный ортоптеръ.** Положимъ, что въ аппаратѣ *A* (чер. 1), вѣсъ котораго равенъ *P*, можно непрерывно опускать тонкую пластинку *S* и пусть скорость движенія пластинки *S* будетъ *V*. Для того, чтобы аппаратъ поддерживался въ воздухѣ, необходимо, чтобы сопротивленіе движенію пластинки *S* было равно общему вѣсу аппарата *P*.

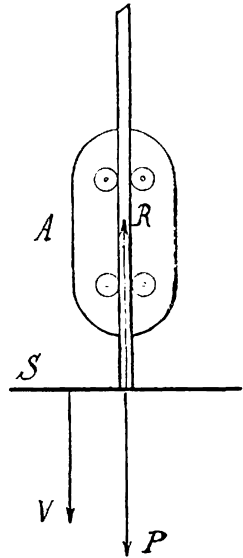
Пользуясь формулой (1), получаемъ слѣдующее условіе равновѣсія:

$$R = KSV^2 = P,$$

откуда мы можемъ опредѣлить величину *V*, какъ функцію величинъ *S* и *P*:

$$V = \sqrt{\frac{P}{KS}} \dots \dots (2)$$

**Количество работы, расходуемое на поддержаніе идеальнаго ортоптера.** Работа необходимая для осуществленія поддержанія аппарата въ воздухѣ, очевидно, равна произведенію силы сопротивленія на величину перемѣщенія плоскости:



Чер. 1.

$$T = PV = P \sqrt{\frac{P}{KS}} = \sqrt{\frac{P^3}{KS}} \dots \dots (3)$$

Возводя выраженіе (3) въ квадратъ, получимъ:

$$T^2 = \frac{P^3}{KS}$$

Для послѣднее выраженіе на *P*<sup>2</sup>, найдемъ:

$$\frac{T^2}{P^2} = \frac{P}{KS}$$

Изъ полученной формулы видно, что отношеніе работы къ поддерживаемому вѣсу зависитъ отъ отношенія вѣса аппарата къ величинѣ поддерживающей поверхности.

Такимъ образомъ при большихъ поверхностяхъ, при томъ же поддерживаемомъ вѣсѣ придется затратить меньше работы, чѣмъ при маленькихъ поверхностяхъ; однако сооруженіе большихъ поверхностей, которыя къ тому же были бы достаточно прочны, влечетъ за собою увеличеніе общаго вѣса аппарата въ значительно большемъ отношеніи, чѣмъ получающееся при этомъ увеличеніе площади поддерживающей поверхности.

**Числовой примѣръ.** Для того, чтобы возможно ясно представить себѣ полученную зависимость, рассмотримъ слѣдующій числовой примѣръ.

Пусть поддерживающая поверхность имѣетъ нагрузку равную 10 клгр. на кв. метръ (у большихъ птицъ нагрузка на кв. метръ достигаетъ только 8 клгр.), принимая, что  $K=0,1$  будемъ имѣть:

$$\frac{T^2}{P^2} = \frac{10}{0,1} \frac{S}{S} = 100$$

$$\frac{T}{P} = \sqrt{100} \quad \text{и} \quad T = 10 P.$$

Откуда найдемъ, что для аппарата, общій вѣсъ котораго равенъ 500 клгр., при величинѣ поддерживающей поверхности въ 50 кв. метровъ, необходимо располагать полезной работой въ 5000 килограммо-метровъ, что соотвѣтствуетъ 66 лошадинымъ силамъ.

Скорость  $V$  опредѣлится по формулѣ (2):

$$V = \sqrt{\frac{10}{0,1} \frac{S}{S}} = 10 \text{ м. въ сек.},$$

что показываетъ, что при скорости пластинки  $S$  въ 10 м. въ сек. аппаратъ будетъ находиться въ равновѣсіи.

Все сказанное относится къ тому идеальному случаю, когда работа двигателя передается полностью поддерживающей поверхности.

Кромѣ того слѣдуетъ замѣтить, что рассматриваемая поверхность не можетъ безконечно перемѣщаться въ одномъ и томъ же направленіи, вслѣдствіе чего должна быть сконструирована система плоскостей, дѣйствующихъ попеременно, при чемъ каждая плоскость передъ тѣмъ, какъ на-

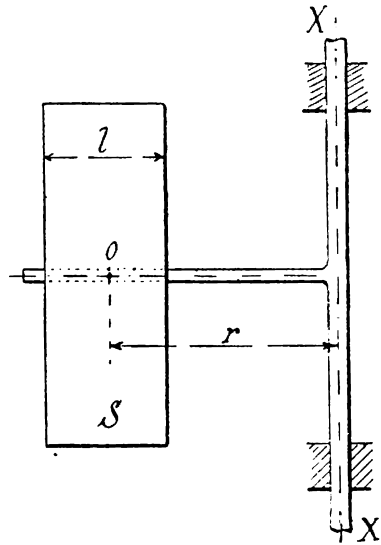
чать подниматься должна быть повернута на  $90^\circ$ . Это очевидно влечет за собою известную сложность конструкции, а вместе с тем и увеличение общего веса аппарата.

**Круговое движение.** Такъ какъ крыло птицы обладаетъ чередующимся колебательнымъ движениемъ по кругу, то слѣдуетъ предположить, что подобное движение имѣеть значительныя преимущества.

Въ дѣйствительности опыты показали, что сопротивленіе воздуха движению плоскости, вращающейся вокругъ оси, больше сопротивленія той же плоскости, перемѣщающейся прямолинейно и нормально къ направлению движения.

Это увеличеніе сопротивленія повидимому связано съ центробѣжной силой, которая вовлекаетъ во вращательное движеніе известный объемъ воздуха, что и увеличиваетъ сопротивленіе.

Пусть  $S$  (черт. 2) представляеть собою плоскость, вращающуюся вокругъ оси  $XX$ , лежащей въ этой плоскости. Обозначимъ черезъ  $l$  — длину плоскости въ направленіи радиуса и черезъ  $r$  разстояніе между осью вращенія и центромъ давленія, т. е. точкою приложенія равнодѣйствующей давленія на элементы плоскости.



Черт. 2.

Опыты показали, что коэффициентъ сопротивленія воздуха, при одной и той же скорости и постоянной величинѣ вращающейся плоскости, измѣняется въ зависимости отъ измѣненія отношенія  $\frac{l}{r}$ , при чемъ при совпаденіи одного изъ реберъ плоскости съ осью вращенія это отношеніе достигаетъ своего maximum'a:

$$\frac{l}{r} = 1,25,$$

а сопротивление воздуха въ этомъ случаѣ вдвое больше того, которое испытываетъ та же плоскость при прямолинейномъ движеніи съ тою же скоростью. Такой результатъ возможенъ, однако, только въ томъ случаѣ когда ширина пластинки, т. е. ея измѣреніе въ направленіи оси, по крайней мѣрѣ въ 3 раза превосходитъ ея длину \*).

Такимъ образомъ въ данномъ случаѣ для  $R$  мы получимъ величину вдвое большую, чѣмъ та, которая получается по формулѣ (1), а именно мы будемъ имѣть:

$$R = 0,2 S V^2 \dots \dots \dots (4)$$

Полковникъ Дюпменъ для случая вращающейся плоскости даетъ слѣдующую формулу:

$$R = 0,67 S \Delta V^2 \left( 1 + \frac{0,8122 V S}{0,627 r} \right)$$

которая даетъ почти такой же результатъ, какъ формула (4).

**Отрицательная работа.** Всякая плоскость при колебательномъ движеніи будетъ производить полезную работу только въ періодъ своего опусканія, такъ какъ въ это время испытываемая ею реакція будетъ направлена въ сторону обратную силѣ тяжести; при подъемѣ же плоскость будетъ производить отрицательную работу, которая, увеличивая силу тяжести, будетъ стремиться опустить аппаратъ.

Если бы отрицательная работа была равна положительной, аппаратъ опускался-бы при каждомъ подъемѣ крыльевъ настолько, насколько онъ поднялся при ихъ опусканіи и такимъ образомъ получилось-бы періодическое колебательное движеніе.

\*) Разсматривая плоскость, какъ поддерживающую поверхность, условимся называть длиною то размѣреніе ея, которое, когда плоскость горизонтальна, совпадаетъ съ направленіемъ движенія, а шириною— размѣреніе перпендикулярное первому.