О НАИВЫГОДНѢЙШЕМЪ УГЛѢ НАКЛОНА АЭРОПЛАНОВЪ.

Н. Е. Жуковскаго.

Въ своемъ докладѣ[1]) на воздухоплавательномъ конгрессѣ въ Парижѣ въ 1889 г. С. Джевецкій предложилъ рѣшеніе слѣдующей интересной задачи: Опредѣлить уголъ α, подъ которымъ надо поставить аэропланъ къ горизонту, чтобы работа, потребная на его горизонтальное перемѣщеніе, была наименьшая.

Онъ получилъ рѣшеніе этой задачи на основаніи опытныхъ формулъ полковника Duchemin и Froude, вычерчивая кривыя[2]), представляющія зависимость между работою T и скоростью V при данномъ отношеніи вѣса аэроплана P къ его поверхности S. Оказалось, что во всѣхъ этихъ кривыхъ съ различными параметрами $\frac{P}{S}$ наименьшее значеніе ординаты T соотвѣтствуетъ одному и тому же углу:

$$\alpha = 1^\circ 50'.$$

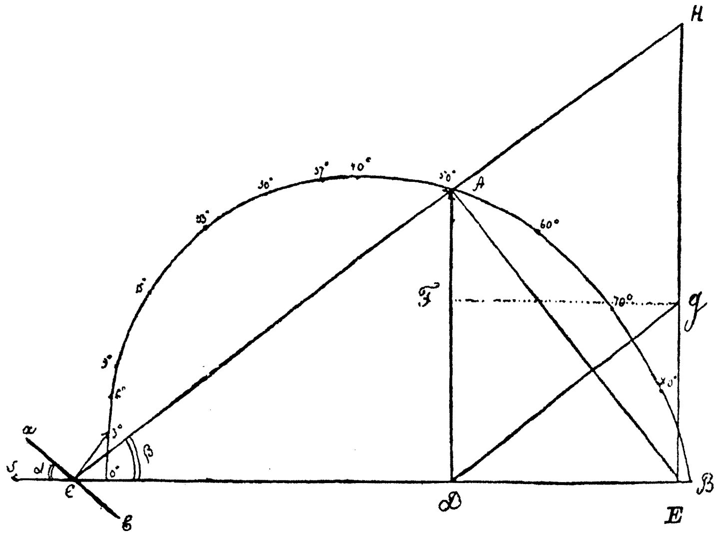
Когда я слушалъ изложеніе Джевецкаго, то одинаковость угла представлялась мнѣ чѣмъ то неожиданнымъ. Впослѣдствіи я убѣдился, что при нѣсколько иномъ рѣшеніи задачи это постоянство дѣлается очевиднымъ.

Предлагаю здѣсь это рѣшеніе, причемъ въ его основаніе принимаю не формулы Дюшемена и Фруда, которыя выведены собственно для воды и переносятся на сопротивленіе воздуха чрезъ измѣненія плотности воды на плотность воздуха, а опытныя изслѣдованія Отто Лиліенталя, сдѣланныя прямо надъ сопротивленіемъ воздуха[3]).

---

1) L'Aéronaute, 22-e Année, p. 236.
2) См. Fig. 31 упомянутаго журнала.
3) Otto Lilienthal. Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Berlin 1889. См. Tafel I.

На основаніи своихъ многочисленныхъ наблюденій Отто Лиліенталь построилъ кривую, изображеніе которой дано здѣсь на фиг. 1.



Фиг. 1.

Эта кривая представляетъ мѣсто концовъ векторовъ $CA = r$, изображающихъ по величинѣ и направленію силу сопротивленія воздуха на пластинку ab, движущуюся со скоростью V подъ угломъ α къ направленію движенія. При $\alpha = \frac{\pi}{2}$ сила сопротивленія перпендикулярна къ пластинкѣ и представляется векторомъ $CB = a$; при $\alpha = o$ эта сила зависитъ только отъ тренія воздуха и направляется по пластинкѣ; она изображена вектромъ CO^0. Во всѣхъ остальныхъ случаяхъ эта сила образуетъ съ направленіемъ пластинки нѣкоторый уголъ, отличный отъ прямого, такъ что $\alpha + \beta$ не равно $\frac{\pi}{2}$ (β уголъ силы сопротивленія съ направленіемъ скорости V). На всѣхъ наблюденныхъ точкахъ кривой записаны соотвѣтственныя значенія угла α. По данной величинѣ вектора r соотвѣтственная сила сопротивленія R опредѣляется формулою:

$$R = 0{,}13\,V^2 S \frac{r}{a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Кривая Лиліенталя весьма удобна для рѣшенія поставленной задачи.

Разлагаемъ силу R на вертикальную составляющую P, равную вѣсу аэроплана, и горизонтальную составляющую Q, на преодолѣніе которой и тратится работа T. Мы имѣемъ:

$$P = 0{,}13\, V^2 S \frac{r}{a} \sin\beta, \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$T = 0{,}13\, V^3 S \frac{r}{a} \cos\beta, \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Откуда слѣдуетъ, что:

$$\frac{T}{P} = V \operatorname{cotg}\beta. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Опредѣляемъ скорость V изъ формулы (2) и подставляемъ въ формулу (4). Находимъ:

$$\frac{T}{P} = \sqrt{\frac{P}{S}\frac{a}{0{,}13}\frac{1}{\xi}}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

гдѣ

$$\xi = r \sin\beta\, tg^2\beta. \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Формула (5) показываетъ, что при данномъ $\frac{P}{S}$ работа, нужная для поддержанія каждаго килограмма вѣса аэроплана будетъ наименьшая при наибольшемъ значеніи величины ξ. Величина ξ такъ же, какъ и r, представляется нѣкоторымъ отрѣзкомъ, который легко построить. Для этого слѣдуетъ возставить къ вектору CA перпендикуляръ AE и провести ординату AD точки A; потомъ изъ точки D опустить перпендикуляръ DG на прямую AE. Отрѣзокъ EG будетъ искомая величина ξ. Для большаго удобства мы отлагаемъ этотъ отрѣзокъ на ординатѣ DA:

$$DF = \xi.$$

Лѣвая кривая, изображенная на фиг. (2), даетъ намъ мѣсто точекъ F, построенныхъ для разныхъ точекъ кривой Лиліенталя.

Мы видимъ, что наибольшее значеніе ξ соотвѣтствуетъ приблизительно углу $\alpha = 15°$. Это и есть искомый наивыгоднѣйшій уголъ наклоненія аэроплана, если не принимать во вниманіе сопротивленіе воздуха на тѣло, несомое аэропланомъ.

Если бы мы желали принять во вниманіе это послѣднее сопротивленіе, то должны бы были отодвинуть на фиг. 1 точку C вправо