

ІЗВѢСТИЯ
Томскаго Технологическаго Института
Императора Николая II.
т. 19. 1910. № 3.

II.

А. В. Угаровъ.

Графический методъ нахожденія ускоренія поршня при конечной длине шатуна.

1—4.

ГРАФИЧЕСКІЙ МЕТОДЪ НАХОЖДЕНИЯ УСКОРЕНИЯ ПОРШНЯ ПРИ КОНЕЧНОЙ ДЛИНѢ ШАТУНА.

При учетѣ силъ инерціи движущихся вмѣстѣ съ поршнемъ массъ паровой машины (штока, ползуна и отчасти шатуна) необходимо знать ускореніе этихъ массъ для опредѣленнаго угла поворота кривошипа отъ его мертваго положенія.

Аналитически ускореніе поршня выражается, какъ известно, формулой:

$$p = \frac{v^2}{R} \left(\cos\alpha + \frac{R}{L} \cos 2\alpha \right),$$

гдѣ p —ускореніе поршня, L —длина шатуна, R —радіусъ кривошипа, α —уголь его поворота и v —равномѣрная скорость вращенія пальца кривошипа.

Чтобы судить объ измѣненіи ускореній на всемъ пути хода поршня между его мертвыми положеніями, обыкновенно вычерчиваютъ такъ называемую *кривую ускореній*, нанося на каждомъ положеніи поршня ординату, пропорциональную ускоренію его въ данный моментъ.

Кривая ускореній можетъ быть получена слѣдующими способами*):

- a) помошью таблицы cosinus'овъ, или же таблицы путей поршня;
- b) нахожденіемъ семи характерныхъ точекъ кривой;
- c) методомъ проведения касательныхъ и
- d) сокращеннымъ методомъ—кривая ускореній принимается параболой **).

Всѣ эти методы даютъ возможность найти графическимъ путемъ ускореніе поршня для произвольнаго угла поворота кривошипа лишь послѣ построенія самой кривой.

*) Radinger—Ueber Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit. 1892.

**) Tolle—Regelung d-r Kraftmaschinen. 1905.

Ниже излагается пріемъ, при посредствѣ котораго можно графически найти ускореніе для любого положенія кривошипа, не производя ни вычислений, ни предварительного вычерчиванія всей кривой.

Преобразуемъ приведенную выше формулу, опираясь на слѣдующія обозначенія: пусть кривошипная скорость v въ нѣкоторомъ масштабѣ выражается отрѣзкомъ, равнымъ радиусу кривошипа R , отношение же $\frac{R}{L} = \mu$, — нѣкоторой правильной дроби.

Тогда вместо формулы: $p = \frac{v^2}{R} \left(\cos\alpha + \frac{R}{L} \cos 2\alpha \right)$ мы получимъ

$$p = R (\cos\alpha + \mu \cos 2\alpha).$$

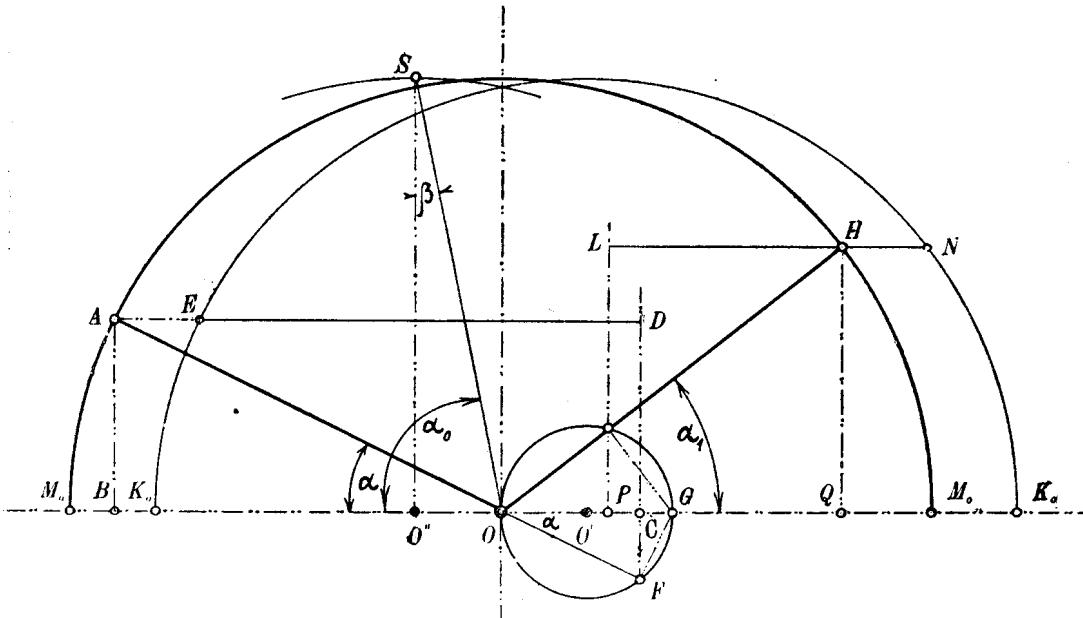
Такъ какъ $\cos 2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$, то мы можемъ написать

$$p = R (\cos\alpha + 2\mu \cos^2\alpha - \mu),$$

или окончательно

$$p = R \cos\alpha + 2\mu R \cos^2\alpha - \mu R.$$

Это выраженіе легко построить для любого угла α .



Возьмемъ (см. черт.) кривошипную окружность описанную около центра O и отложимъ на ея диаметръ отъ центра въ сторону, противоположную положенію ползуна (на чертежѣ вправо) отрѣзокъ $OO' = \mu R$ — для машинъ нормального типа $\mu = \frac{1}{5}$. Изъ точки O' , какъ изъ центра, опишемъ двѣ окружности: одну радиусомъ μR , другую же радиусомъ R . Эта послѣдняя вспомогательная окружность, очевидно, об-

ладаетъ тѣмъ свойствомъ, что всѣ ея точки сдвинуты параллельно діаметру на разстояніе μR отъ кривошипной окружности вправо.

Если теперь для произвольного положенія кривошипа OA проведемъ линію AD параллельно линіи мертвыхъ точекъ (діаметру кривошипной окружности) до встрѣчи съ перпендикуляромъ ED , проведеннымъ черезъ точку пересѣченія *направленія* взятаго радиуса кривошипа съ кругомъ радиуса μR , то отрѣзокъ ED представитъ собою искомое ускореніе поршня въ томъ масштабѣ, въ которомъ радиусъ кривошипной окружности представляетъ собою скорость вращенія v пальца кривошипа.

Опустимъ изъ точки A перпендикуляръ на діаметръ. Изъ чертежа мы имѣемъ

$$ED = AD - AE;$$

но

$$AE = \mu R, \quad AD = BC = BO + OC,$$

гдѣ $BO = R\cos\alpha$, а отрѣзокъ $OC = OF\cos\alpha$.

Въ свою очередь $OF = OG\cos\alpha$; слѣдовательно

$$OC = OG\cos^2\alpha = 2\mu R\cos^2\alpha,$$

откуда окончательно

$$ED = R\cos\alpha + 2\mu R\cos^2\alpha - \mu R,$$

что и требовалось доказать.

Для угловъ поворота большихъ чѣмъ 90° мы можемъ взять обозначеніе $\alpha = 180^\circ - \alpha_1$.

Такъ какъ $\cos(180^\circ - \alpha_1) = -\cos\alpha_1$, то наша основная формула принимаетъ видъ:

$$p = -R\cos\alpha_1 + 2\mu R\cos^2\alpha_1 - \mu R.$$

беря минусъ за скобки имѣемъ:

$$p = -(R\cos\alpha_1 - 2\mu R\cos^2\alpha_1 + \mu R),$$

что на чертежѣ выражается отрѣзкомъ LN .

Дѣйствительно:

$$LN = LH + HN.$$

По чертежу

$$LH = OQ - OP = R\cos\alpha_1 - 2\mu R\cos^2\alpha_1; \quad HN = \mu R,$$

откуда

$$LN = R\cos\alpha_1 - 2\mu R\cos^2\alpha_1 + \mu R.$$

Знакъ минусъ передъ скобками въ выраженіи для p показываетъ, что ускореніе перешло въ замедленіе, пройдя черезъ свое нулевое значеніе.