

ИЗВѢСТІЯ  
Томокаго Технологическаго Института  
ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II.  
т. 19. 1910. № 3.

II.

**А. В. Угаровъ.**

---

Графическій методъ нахожденія ускоренія поршня при конечной длинѣ шатуна.

1—4.

## ГРАФИЧЕСКІЙ МЕТОДЪ НАХОЖДЕНІЯ УСКОРЕНІЯ 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 извѣстно, формулою:

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

гдѣ  $p$ —ускореніе поршня,  $L$ —длина шатуна,  $R$ —радіусъ кривошипа,  $\alpha$ —уголъ 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, пропорціональную ускоренію его въ данный моментъ.

Кривая ускореній можетъ быть получена слѣдующими способами\*):

- a) помощью таблицы *cosinus*'овъ, или же таблицы путей поршня;
- b) нахожденіемъ семи характерныхъ точекъ кривой;
- c) методомъ проведенія 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.



ладаетъ тѣмъ свойствомъ, что всѣ ея точки сдвинуты параллельно діаметру на разстояніе  $\mu R$  отъ кривошипной окружности вправо.

Если теперь для произвольнаго положенія кривошипа  $OA$  проведемъ линію  $AD$  параллельно линіи мертвыхъ точекъ (діаметру кривошипной окружности) до встрѣчи съ перпендикуляромъ  $FD$ , проведеннымъ черезъ точку пересѣченія *направленія* взятаго радіуса кривошипа съ кругомъ радіуса  $\mu R$ , то отрѣзокъ  $ED$  представитъ собою искомое ускореніе поршня въ томъ масштабѣ, въ которомъ радіусъ 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  $90^\circ$  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.