

## Изследване коефициента на полезно действие на системата на главния превод на стругове с ЦПУ

Иван Колев, Красимир Иванов  
Георги Ненов, Симеон Гечевски

**Abstract:** This paper presents the results of an experimental study on the efficiency coefficient of the main drive system of CNC lathes. The study was conducted on CT161 – a lathe without a gearbox, and on CT201 – a lathe with a gearbox.

**Key words:** efficiency, power, CNC lathe

### ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните металорежещи машини (ММ) с ЦПУ работят с постоянно нарастващи скорости и мощности на рязане. Този факт придава много по-голямо значение на енергийните изследвания на ММ и в частност на струговете с ЦПУ. Тези изследвания се провеждат за оценка на качеството на изработване и сглобяване на машината, както и на производствените ѝ възможности. По резултатите от изследванията могат да се разработят нормативи за загубите на мощност на даден модел ММ, както и да се търсят възможности за увеличаване на коефициента на полезно действие (к.п.д.). В специалната литература у нас и в чужбина се намират твърде малко сведения за к.п.д. на тези машини. Резултати от изследване на някои ММ с ЦПУ, произведени у нас са дадени в [4], [5], [6]. Показаните в тях данни са недостатъчно пълни, за да се направят по-задълбочени и обосновани изводи, свързани с енергопотреблението. Актуалността на изследванията, свързани с намаляване на консумацията на електроенергия се потвърждава и с директива на Европейския парламент по въпросите на енергетиката и енергопотребяващите продукти [7]. Комисията цитира ММ, като един от продуктите, за които трябва да се вземат мерки по отношение на енергопотребление.

В настоящата работа са дадени резултатите от проведените експериментални изследвания на загубите на мощност на празен ход и коефициента на полезно действие на системата на главния превод на стругове с ЦПУ.

### УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Експерименталните изследвания са проведени на стругове СТ161 и СТ201. Обработваните заготовки са от стомана 17Г2САФ с 186НВ. Опитите са проведени с проходен стругарски нож PSSNL 25 -25 -12 с твърдосплавна пластина P30 – SNMM 120408 и геометрични параметри  $\alpha_o = 8^\circ$ ,  $\gamma_o = -5^\circ$ ,  $\kappa_r = 75^\circ$ ,  $\lambda_s = -5^\circ$ .

За измерване на главната сила на рязане е използвана динамометрична уредба от трикомпонентен динамометър ДЗ, индуктивен преобразувател IWT с чувствителност 0,15  $\mu\text{m}$  на VEB RFT - Германия и универсален измервателен уред N2301 на IEM - Румъния. Консумираната мощност е измервана с трифазен анализатор на електрически величини Qualistar C.A.8334 на френската фирма Chauvin Arnoux.

Мощността на консумираната електрическа енергия на ММ  $P_{ec}$ , извършваща полезна работа е

$$P_{ec} = P_{id} + P_{ad} + P_c, \quad (1)$$

където  $P_{id}$  е загуби на мощност на празен ход на машината;

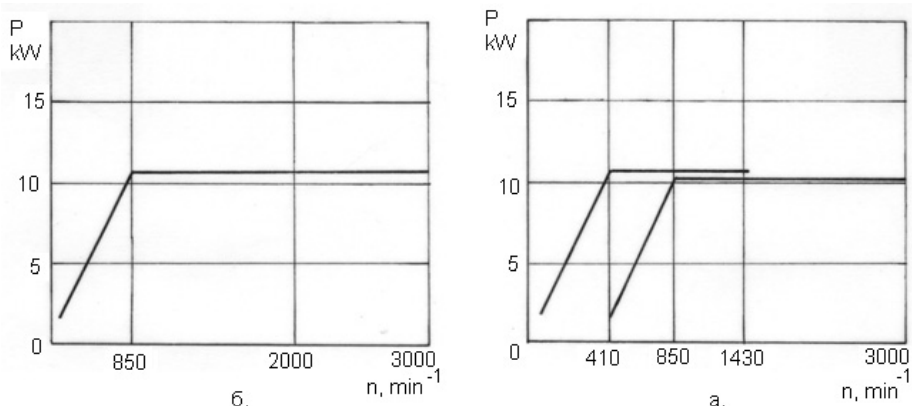
$P_{ad}$  - допълнителни загуби на мощност;

$P_c$  - мощност на рязане.

Коефициентът на полезно действие на ММ се определя по формулата:

$$\eta = \frac{P_c}{P_{ec}} \quad (2)$$

Мощността на празен ход на ММ е мощността, изразходвана от източника на енергия за въртене на превода при отсъствие на полезно натоварване.



Фиг.1. Зависимост на мощността от честотата на въртене: а - СТ161; б – СТ201

За изследване влиянието на честотата на въртене на вретеното върху мощността на празен ход на струговете се задават дискретни стойности на честоти, по предварително избран план, в диапазона на безстепенното ѝ изменение. За всяка честота е измервана мощността на празен ход.

При експерименталното определяне на к.п.д. на стругове с ЦПУ изпитванията са провеждани за честоти на въртене на вретеното, намиращи се в долната, средната и горна част на диапазона на регулиране на съответния превод (фиг.1). За всяка честота на въртене се определя к.п.д. при няколко стойности на мощността на вретеното.

За да се определи к.п.д. на ММ по форм.(2) се пресмята мощността на рязане  $P_c$  по зависимостта:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3}, \text{ kW}, \quad (3)$$

където  $F_c$  е главната сила на рязане, N;

$v_c$  - скорост на рязане, m/min.

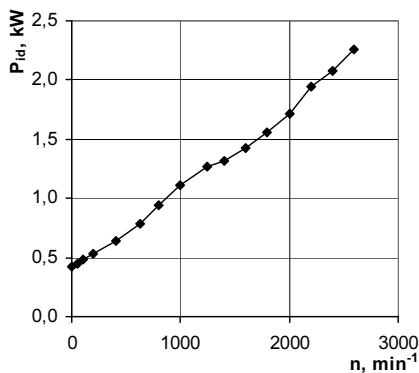
Тъй като не се разполага с подходящ динамометър, който да бъде монтиран на струговете с ЦПУ, главната сила на рязане е определена по следния начин. Предварително в съответствие с избраните стойности на мощността на рязане, за всеки опит се определя приблизителната стойност на  $F_c$  по справочни данни [1].

Определянето на  $F_c$  се извършва за стойности на елементите на режима на рязане и условия на рязане (обработван материал, стругарски нож и др.), съответстващи на тези при експерименталното изследване на струговете с ЦПУ. Реалната стойност на  $F_c$  за всеки предвиден в изследването опит се определя, като на универсален струг СУ500, снабден с динамометър се извършват опити при условия на рязане, съответстващи на тези, при които са определени приблизителните стойности на

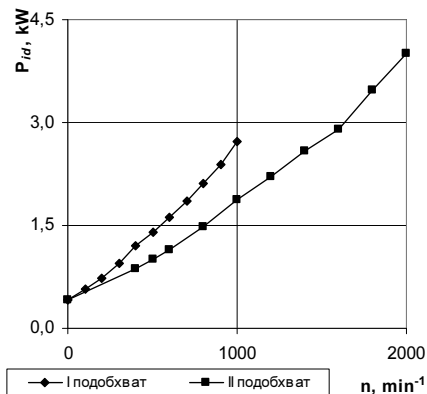
силата. По този начин при експерименталните изследвания на струговете с ЦПУ се отчита само консумираната мощност  $P_{cc}$  за всеки опит, а за пресмятане на мощността на рязане  $P_c$  се използва силата  $F_c$ , определена с динамометър на универсалния струг СУ500.

### РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

Зависимостта на мощността на празен ход  $P_{id}$  в зависимост от честотата на въртене  $n$  на струг СТ161 е показана на фиг.2, а на струг СТ201 – на фиг.3. Вижда се, че тази зависимост за струг СТ161, който е с директно задвижване на вретеното е близка до линейна. Мощността на празен ход достига до 20% от номиналната

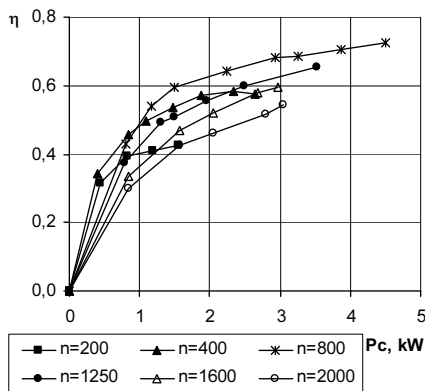


Фиг.2. Зависимост  $P_{id} = f(n)$  на струг СТ161



Фиг. 3. Зависимост  $P_{id} = f(n)$  на струг СТ201

мощност на електродвигателя. В струг СТ201 между електродвигателя и вретеното се използва скоростна кутия, осигуряваща два подобхвата на изменение на честотата на въртене на вретеното. Зависимостта  $P_{id} = f(n)$  и за двата подобхвата е близка до линейна. При високите честоти (над  $1600 \text{ min}^{-1}$ ) на втория подобхват се забелязва по-значително нарастване на загубите на празен ход (фиг.3), които достигат до 35-40% от номиналната мощност на електродвигателя. Това нарастване на загубите на мощност по всяка вероятност се дължи на значителното увеличаване на силите на триене при високите скорости.

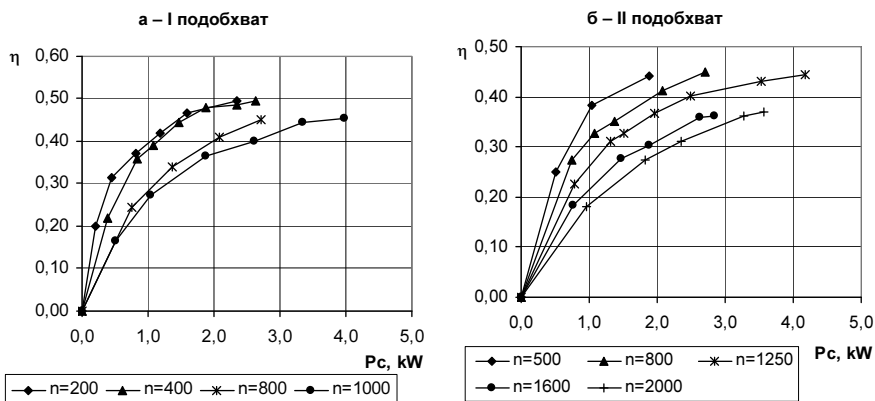


Фиг.4. Зависимост  $\eta = f(P_c)$  на струг СТ161

За определяне на зависимостта  $\eta = f(P_c)$  на струг СТ161 е проведено изследване при шест различни честоти на въртене, разположени в началото, средата и края на обхвата на честотите (фиг.1,а). При честоти по-малки от тази, при която се

предава пълната мощност на вретеното  $n_p$  ( $n < n_p = 850 \text{ min}^{-1}$ ) се установява, че с увеличаване на честота на въртене при  $P_c = \text{const}$ , к.п.д. нараства, а при честоти  $n > n_p$  тенденцията е обратна. Най-голям к.п.д. ( $\eta \approx 0,75$ ) се получава при  $n = 800 \text{ min}^{-1}$ , а най-малък ( $\eta \approx 0,43$ ) при  $n = 200 \text{ min}^{-1}$ .

Експерименталните изследвания за определяне на зависимостта  $\eta = f(P_c)$  на струг СТ201 са проведени за двата подобхвата (фиг.1,б). В първият подобхват е извършено изследване за четири честоти на въртене, разположени в началото,



Фиг.5. Зависимост  $\eta = f(P_c)$  на струг СТ201

средата и края на подобхвата. Във втория подобхват изследването е проведено за пет честоти на въртене, разположени в него, както при първия подобхват. Резултатите за двата подобхвата са показани на фиг. 5. При двата подобхвата за избрана постоянна мощност на рязане с увеличаване честотата на въртене к.п.д. намалява. Коефициентът на полезно действие за двата подобхвата на струга е сравнително нисък ( $\eta = 0,45 \div 0,50$ ). Вероятно една от причините за ниския к.п.д. е, че изследваните стругове с ЦПУ са с продължителен срок на работа.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мощността на празен ход на струг СТ161 достига до 20% от номиналната мощност на електродвигателя, а за струг СТ201 тя е значително по-голяма – 35 - 40% от мощността на електродвигателя. От проведеното изследване е установено, че при всяка честота на въртене к.п.д. нараства с увеличаване на мощността на рязане, като интензивността на нарастването намалява с увеличаване на мощността на рязане. Максималната стойност на к.п.д. на изследвания струг с ЦПУ СТ161 е  $\eta = 0,75$ , а на струг СТ201 значително по-малък -  $\eta = 0,50$ .

Получените експериментални данни могат да послужат за разработване на математични модели на коефициента на полезно действие на системата на главния превод на тези ММ, които да се използват за оценка на енергийната им ефективност, а също така да бъдат елемент на някои по-обхватни системи, като например [2], [3] за диагностика на състоянието на ММ с ЦПУ.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Димитров, Л., Тодоров, Т., Вичев, С., Дограмаджиян, Х. Ръководни технически материали за обработване чрез рязане на стомани 10Г2САФ, 17Г2САФ, 23Г2САФ. Печ. база при ВТУ „А. Кънчев“, Русе, 1984.
- [2]. Енчев М., Димитров Д., Система за автоматизирана проверка на основни параметри на геометричната точност на металорежещите машини с ЦПУ, V международна конференция по машиностроителна техника и технология - AMTECH' 01, Созопол 03-05.10.2001.
- [3]. Енчев М., Димитров Д., Ненов Г., Система за автоматизирана проверка на точността на позициониране на МРМ с ЦПУ, Advanced Mechanical Engineering & Technology AMTECH '99, Пловдив, 1999, том I, с. 45-50.
- [4]. Енчев, П. Енергетични изследвания на металорежещи машини с автоматична скоростна кутия. Научни трудове на ВТУ „А. Кънчев“, Русе, т. XXVII, серия 2, 1985, 14 – 18.
- [5]. Енчев, П. Енергетични изследвания на металорежещи машини. Научни трудове на ВТУ „А. Кънчев“, 1994, т. XXXV, серия 1, 48 – 52.
- [6]. Тошев, И., Тужарова, Л., Енчев, П. Изпитване и изследване на металорежещи машини. С., Техника, 1990.
- [7]. Working Plan of the Ecodesign Directive (2009 – 2011)  
Version 28 April 2008 [http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Produktgruppen/Arbeitsplan/DraftWorkingPlan\\_28Apr08.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Produktgruppen/Arbeitsplan/DraftWorkingPlan_28Apr08.pdf)

### За контакти:

- Доц. д-р инж. Иван КОЛЕВ Иванов, РУ “Ангел Кънчев”, Тел.: (082) 888 544,  
E-mail: [kolev@uni-ruse.bg](mailto:kolev@uni-ruse.bg)
- Гл. ас. д-р инж. Красимир Атанасов Иванов, РУ “Ангел Кънчев”, Тел.: (082) 888 451, E-mail: [kivanov@uni-ruse.bg](mailto:kivanov@uni-ruse.bg)
- Доц. д-р инж. Георги Василев Ненов, РУ “Ангел Кънчев”, Тел.: (082) 888 679,  
E-mail: [gnenov@uni-ruse.bg](mailto:gnenov@uni-ruse.bg)
- Маг. инж. Симеон Николов Гечевски –тел.: 0883441636

### Докладът е рецензиран