

Статистическо изследване мощността на главния електродвигател и масата на стругове с ЦПУ

Иван Колев, Красимир Иванов
Георги Ненов, Миглена Христова

Abstract: *Energy-saving technologies in all industry sectors are topical issues for the domestic and for the world economy. The optimal choice of the power of the main drives of machine tools, and of CNC lathes in particular, is one of the main possibilities for reducing the power consumption when machining.*

The proposed work presents an overview of catalogue data regarding CNC lathes produced in Bulgaria, as well as in Germany, Russia and Japan. A study of the variation of the power of lathes, depending on the maximum machined diameter, which is the main technical parameter of the machine, and the variation of the weight of machines depending on their power has been conducted. The results are presented graphically and are processed using a computer program in order to obtain mathematical models that describe the dependence between the power of the machines and the minimum machined diameter, as well as the dependence between the weight of the machines and their power.

Conclusions are made about the degree of variation of the power and weight of CNC lathes and the advisability of their choice.

Key words: *lathe, power, weight, motor, mathematical model*

ВЪВЕДЕНИЕ

Енергоспестяването при механичното обработване е комплексен проблем, включващ решаването на различни задачи, отнасящи се до кинематичната структура и конструкцията на металорежещите машини (ММ), типа им, електродвигането, структурния и параметричен синтез на технологичния процес, избор на режещ инструмент, технико-икономическите и организационните условия на обработването.

Разходите на електроенергия при механичното обработване на детайлите в машиностроенето са значителни. Според предварителни проучвания в наши условия те достигат 15-25 % от общите разходи, включващи освен тях разходите за работна заплата и начисления, амортизационните разходи, разходите за поддръжка и ремонт на ММ и разходите за режещи инструменти.

Една от основните насоки за намаляване на разхода на електроенергия е оптималният избор на мощност на електродвигането на главните преводи на ММ и в частност на струговете с ЦПУ. Установено е, че консумираната електроенергия се минимизира при определени стойности на подаването и скоростта на рязане, но само при някои частни случаи [1], които не са характерни за механичното обработване. Други автори [2] предлагат графични зависимости за определяне на рационални по енергопотребление режими на рязане при струговане. В [4] е изследвана зависимостта на специфичния разход на консумираната електроенергия от различни параметри при фрезозане. Липсват сведения за разработване на математичен модел за оптимизация на режимите на рязане по критерий консумирана енергия.

Препоръките за мощност на електродвигателя най-често се свеждат до определяне на максималната мощност на рязане и ориентировъчно приета стойност на к.п.д. на главния превод или по аналогия на изпълнени подобни видове ММ. От показаните зависимости [3] на мощността на електродвигателя от максималния обработван диаметър и на масата на ММ от мощността на електродвигателя се установява, че разсейването на тези параметри за ММ, произведени в чужбина е значително. Поради недостатъчния брой на ММ не е възможно да се извърши статистическо изследване и се намерят математични модели на тези зависимости. У нас подобни изследвания не са известни.

Целта на настоящата работа е по каталожни данни да се извърши статистическо изследване на разсейването на мощността на електродвигателя и

масата на стругове с ЦПУ, да се изберат математични модели, описващи влиянието на максималния обработван диаметър върху мощността на електродвигателя и влиянието на мощността на електродвигателя върху масата на ММ.

УСЛОВИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За провеждане на статистическото изследване за влиянието на максималния обработван диаметър над супорта D_{\max} върху мощността на електродвигателя P_e на стругове с ЦПУ са използвани каталожни данни на ММ, произведени в Германия, Япония, Русия и България, а за влиянието на мощността на електродвигателя върху масата G на ММ – данни на стругове, произведени в Германия и Русия.

Обработването на каталожните данни и определянето на математичните модели е проведено с компютърна програма OriginPro 7.5 SRO.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

След обработване на данните с компютърната програма се установи, че разсейването на мощността на електродвигателя и масата на струговете с ЦПУ се описват достатъчно добре с математични модели от вида:

$$P_e = a \cdot D_{\max}^b \quad (1)$$

и

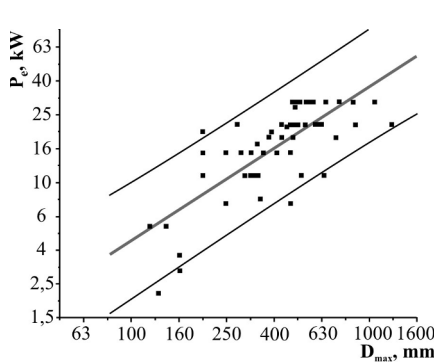
$$G = a_1 \cdot P_e^{b_1} \quad (2)$$

В таблица 1 са дадени математичните модели (1) и (2), обобщените модели, коефициентите на корелация на моделите R , граничното разсейване на мощността при даден максимален обработван диаметър $\pm \Delta P_e$ и граничното разсейване на масата при дадена мощност на струга $\pm \Delta G$.

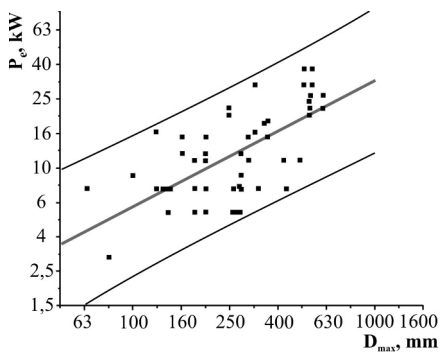
На фиг.1 е показано разпределението на точките, съответстващи на P_e на електродвигателя и D_{\max} на изследваните стругове с ЦПУ, геометричната интерпретация на математичния модел, описващ тази зависимост и доверителните интервали с вероятност $P = 0,95$. За по-голяма прегледност координатите на точките съответстват на десетичните логаритми на P_e и D_{\max} , а по координатните оси са нанесени реалните стойности на тези величини. От данните, показани на фиг.1 се вижда, че разсейването на мощността за даден максимален диаметър е значително при всички стругове с ЦПУ. Отчитайки разположението на линиите, определящи полето на разсейване на мощността с вероятност 95 % може да се направи извод, че най-значително е разсейването при стругове, произведени в Русия (табл.1) 212 %, а най-малко при тези - от България - 120 %.

На фиг. 2 са показани данните за всички стругове с ЦПУ, както и обобщения математичен модел на зависимостта $P_e = f(D_{\max})$. Най-голяма концентрация на произвеждани стругове с ЦПУ е за максимални обработвани диаметри в интервала 200-800 mm.

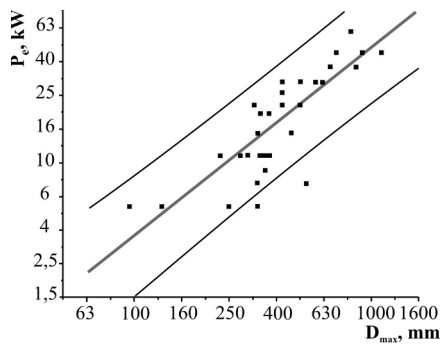
Геометричната интерпретация на обобщения математичен модел и моделите на струговете, произвеждани в различните страни е представена на фиг. 3. Вижда се, че най-малко от обобщения математичен модел се различават данните за струговете от Германия и България. При малките и големите максимални диаметри по-съществени различия се наблюдават за ММ, произведени в Япония и Русия. За малките диаметри, струговете, произведени в Япония имат най-малка мощност, а при големите диаметри – по-голяма. Обратна е тенденцията за струговете от Русия.



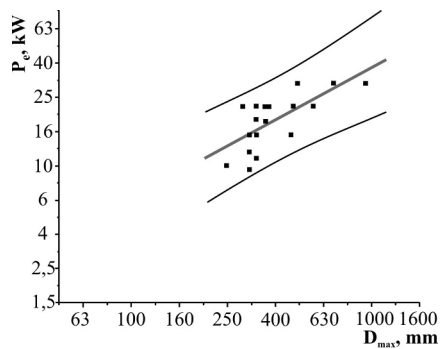
а.



б.

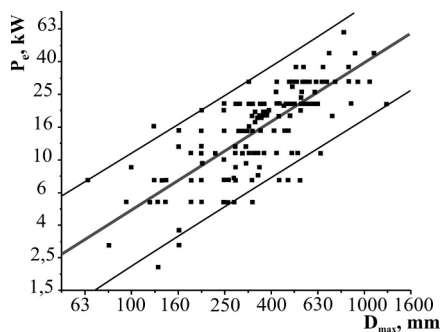


в.

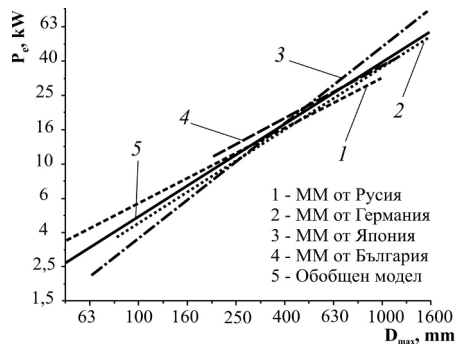


г.

Фиг. 1. Математичен модел на зависимостта $P_e = f(D_{max})$ за стругове с ЦПУ от: а- Германия; б – Русия; в – Япония; г – България



Фиг.2. Обобщен математичен модел на зависимостта

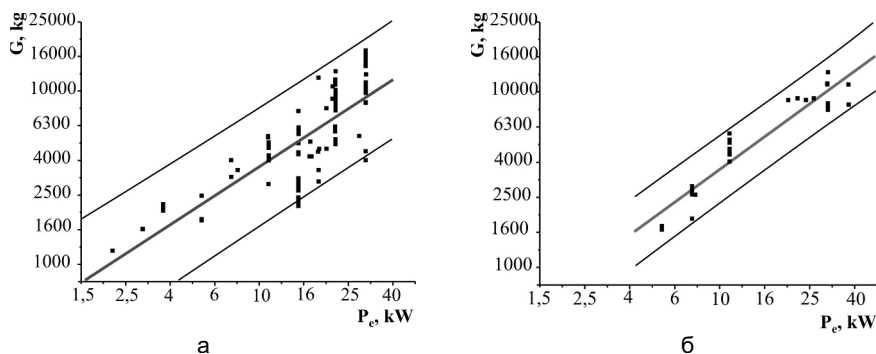


Фиг.3. Геометрична интерпретация на математичните модели на зависимостта $P_e = f(D_{max})$

Табл.1

Страна - производител	Брой на ММ	Математични модели	R	$\pm \Delta P_e (\pm \Delta G), \%$
Германия	79	$P_e = 0,069 \cdot D_{\max}^{0,91}$	0,781	+113 - 53
	70	$G = 524,8 \cdot P_e^{0,84}$	0,829	+118 - 54
Русия	52	$P_e = 0,208 \cdot D_{\max}^{0,73}$	0,669	+152 - 60
	27	$G = 424,6 \cdot P_e^{0,93}$	0,948	+ 54 - 35
Япония	49	$P_e = 0,021 \cdot D_{\max}^{1,12}$	0,848	+116 - 54
България	20	$P_e = 0,186 \cdot D_{\max}^{0,77}$	0,713	+77 - 43
Обобщен математичен модел $P_e = f(D_{\max})$	191	$P_e = 0,079 \cdot D_{\max}^{0,90}$	0,782	+117 - 55
Обобщен математичен модел $G = f(P_e)$	97	$G = 499,6 \cdot P_e^{0,86}$	0,829	+101 - 50

Геометричната интерпретация на обобщения математичен модел и моделите на струговете, произведени в различните страни е представена на фиг. 3. Вижда се, че най-малко от обобщения математичен модел се различават данните за струговете от Германия и България. При малките и големите максимални диаметри по-съществени различия се наблюдават за ММ, произведени в Япония и Русия. За малките диаметри, струговете, произведени в Япония имат най-малка мощност, а при големите диаметри – по-голяма. Обратна е тенденцията за струговете от Русия.



Фиг. 4. Математичен модел на зависимостта на $G = f(P_e)$ за стругове с ЦПУ от: а – Германия; б – Русия

На фиг. 4 е показано графичното разпределение на масата на струговете с ЦПУ в зависимост от мощността на електродвигателя, математичният модел, описващ тази зависимост и доверителните граници при вероятност $P = 0,95$ за стругове, произведени в Германия и Русия. От показаното разпределение за двете страни на фиг. 4 и от обобщените данни на фиг. 5 се вижда, че разсейването на масата на струговете с ЦПУ е значително, като то е по-голямо при ММ от Германия 172 %. От

геометричната интерпретация на математичните модели за ММ от Германия и Русия и обобщения модел, показани на фиг. 6 може да се констатира, че разликата в трите модела е незначително.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От статистическото изследване и получените резултати могат да се направят следните изводи:

1. Чрез математично обработване на статистическите данни за струговете с ЦПУ, произведени у нас и чужбина са получени математични модели, апроксимиращи зависимостите $P_e = f(D_{\max})$ и $G = f(P_e)$.
2. Зависимостта на мощността на електродвигателя от максималния обработван диаметър показва, че разсейването на мощността на струговете с ЦПУ е значително, както за ММ, произведени в чужбина, така и у нас. Това означава, че мощността на електродвигателя не се определя по целесъобразно обоснован метод.
3. При еднаква мощност на електродвигателя масата на струговете с ЦПУ варира в широки граници. За струговете от Германия разсейването е 172 %. Необоснованото увеличаване на масата на ММ води до увеличаване цената на машината и експлоатационните разходи.

От направеното изследване може да се констатира, че са необходими по-задълбочени изследвания за определяне на оптимални стойности на мощността на електродвигателя и масата на струговете с ЦПУ, осигуряващи възможности за енергоспестяване и даване на препоръки за практическо приложение.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Пергашкин, В. Ф., Вендер, И.И., Боршова, Л. В., Антонова, Е.А. Энергопотребление как критерий оптимальности механической обработки. //Вестник машиностроения, 2005, №12, 41– 43.

[2]. Савченко, А. В., Зюбровский, Л.Г. Расчет эффективности использования электроэнергии металлорежущими станками (на примере токарной обработки). Интеллектуальные электромеханические устройства, системы и комплексы: Материалы 3, //Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 2002. Из-во НПО "ТЕМП", 2002, 34-35.

[3]. Childs, T., Maekawa, K., Obikawa, T. Metal Machining. Theory and Applications, London, Arnold, 2000, 416.

[4]. Draganescu, F., Gheorghe, M., Doicin, C.V. Models of machine tool efficiency and specific consumed energy. J. Mater. Process. Technol., 2003, №141, 9 –15.

За контакти:

Доц. д-р инж. Иван Колев Иванов, РУ "Ангел Кънчев", Тел.: (082) 888 544,
E-mail: 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

Доц. д-р инж. Георги Василев Ненов, РУ "Ангел Кънчев", Тел.: (082) 888 679,
E-mail: gnenov@uni-ruse.bg

Гл.ас. инж. Миглена Илиева Христова, РУ "Ангел Кънчев", Тел.: (082) 888 659,
E-mail: mcanikova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран