

## Изследване и повишаване виброустойчивостта на уредба за разстъргване на силови цилиндри

Иван Замфиров

### **Research in increasing the vibration resistance of installation for machining of force cylinders:**

*An experimental research was taken in which is inserted an artificial compulsory vibration with given parameters of the turning head around the zone of cutting. The amplitude of vibrations in the lever free zone is measured. It is defined that the vibration reduction device must be placed on the cutting turning head. Four variants of such devices are presented and the most effective of them is chosen.*

**Key words:** lathe turning, vibrations, research, simulation, vibration reduction device

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Чрез модернизиране на универсален струг С10МВ е създадена уредба за обработване отворите на хидравлични цилиндри с нормализирани диаметри в интервала 50÷110mm и дължина до 320mm в условията на КХЕ-Ямбол. Проведените предварителни лабораторни изследвания при реални условия показаха [1], че уредбата осигурява стабилен процес на рязане без вибрации при дължина на заготовките до 200-220mm. Това наложи провеждане на изследвания и решаване на проблема чрез гасене на трептенията.

Целта на изследването е да се намери ефективен способ за повишаване виброустойчивостта на технологичната система при обработване на по-дълги заготовки (до 350mm). Варирането с геометрията на инструмента, режима на рязане и стабилността на системата [2,3] е нецелесъобразно, тъй като те се определят от други съображения. Поставената цел следва да се реши чрез включване в конструкцията на виброгасител. За постигането и трябва да се решат две задачи:

1. Да се определи мястото за поставяне на виброгасителя
2. Да се създаде виброгасител и изследва работата му

### **ИЗЛОЖЕНИЕ**

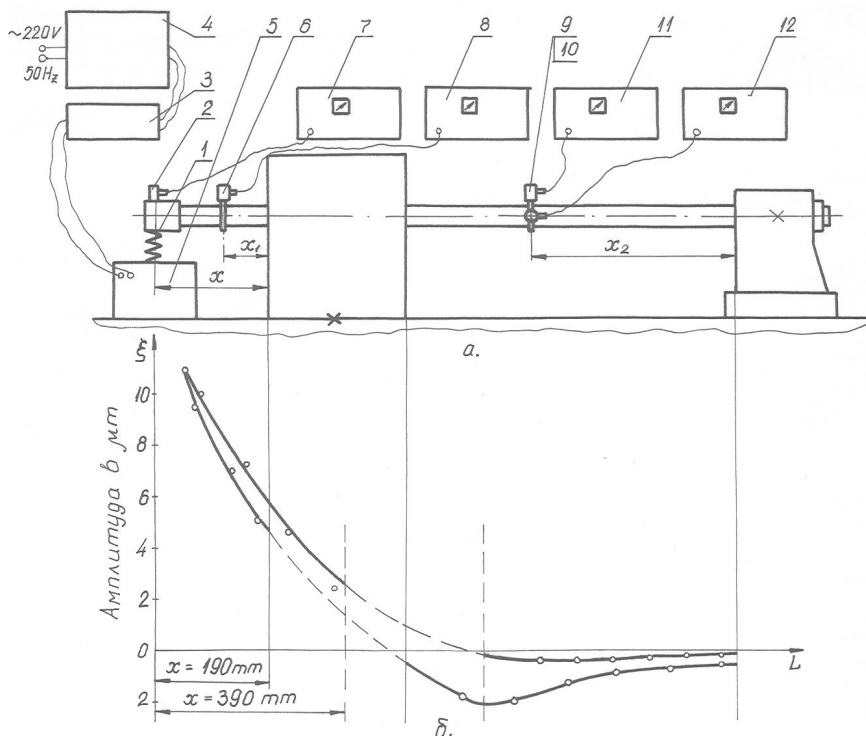
#### **1. Методика на изследването**

Известните конструкции на виброгасящи устройства [3,4,5 и др.] се основават на различни принципи за поглъщане на енергията от колебателното движение: с ударно действие, инерционни, сухо триене, вътрешно триене, динамични и пр.

От технологична гледна точка е най-удобно да се използва механичен виброгасител с ударно действие, разположен на свободния участък от борщангата между двете опори. Такова решение е възможно само ако амплитудата на трептенията в този участък на борщангата е достатъчно голяма и съизмерима с амплитудата на трептенията в близост до зоната на рязане. Това изискване трябва да е спазено и при максималните запланувани стойности на осовата координата.

След анализиране на условията и възможностите за експериментиране, е прието да се проведе изследване, при което се възбужда изкуствено принудително трептене с определени параметри на разстъргващата глава около зоната на рязане и се измерва амплитудата на трептенията в свободния участък на борщангата.

Схемата на опитната установка е показана на фиг.1,а. Цялата апаратура за възбуждане и измерване на трептенията е от номенклатурата на фирмата RFT. Принудителните трептения с определени параметри се създават от електродинамичния възбудител (ESE 211) 5. Той се захранва от нискочестотния генератор (SG201) 4 и усилвателя на мощност (М60Т) 3. Получените колебания на котвата на възбудителя се предават на разстъргващата глава и борщангата посредством пружината 1, силата на която предварително се пресмята в зависимост от параметрите на системата.



Фиг. 1. Схема за изследване на виброустойчивостта - а)

и две от получените форми на линията на трептения на щангата - б)

Регистрирането на амплитудата на трептенията се извършва от виброметричните преобразуватели (KD12) 2, 6, 9 и 10, разположени съгласно схемата и вибрационните електроизмерителни прибори (SM231- 2 бр. и SM212 – 2 бр.) 7, 8, 11 и 12. Преобразувателят 2 се закрепва непосредствено към главата и измерва създадените на нея трептения. С преобразувателя 6 се измерва в няколко дискретни точки  $x_1$  амплитудата на трептения в предния край на борщангата. Аналогично измерване в участъка между двете опори се извършва от преобразувателите 9 и 10, като предварително се задават няколко стойности на координатата  $x_2$ . Те се разполагат в две взаимно перпендикулярни равнини – по координатните оси  $O_y$  и  $O_z$ . Преобразувателят, разположен по оста  $O_y$  има назначение да отчита наличието на ъгловото изместване на трептенията. При експериментите се установи, че това изместване е незначително и той отпада от схемата. Виброметричните преобразуватели 6, 9 и 10 се установяват към борщангата посредством тънки алуминиеви пръстени с малка маса.

Изследването е проведено за няколко дискретни стойности на осовата координата  $x$  ( $x=140+390\text{mm}$  през  $50\text{mm}$ ). Виброметричните преобразуватели в комплект със съответните измервателни уреди и съединителни проводници се калиброват с помощта на електродинамична калибровачна маса ЕЕТ 101, с която се създават еталонни трептения. След това се открива резонансната (собствената) честота на системата за съответната осова координата  $x$ , чрез вариране с честотата на възбудяните колебания от нискочестотния генератор. Регулира се амплитудата на трептенията с усилвателя с усилвателя до достигане постоянната за всички опити

стойност ( $11 \mu\text{m}$ ). С преобразувателите 6 и 9 се измерва амплитудата на трептенето на борщангата в собствените ѝ участъци при няколко, предварително набелязани стойности на координатите  $x_1$  и  $x_2$ .

По резултатите от измерването може да се построи формата на линията на трептене на борщангата, получена при еднакво принудително колебание в зоната на рязане и различна осова координата  $x$ . Тъй като изследването е статично и принудителното трептене се създава само във вертикално направление, получените резултати следва да се разглеждат като приблизителни.

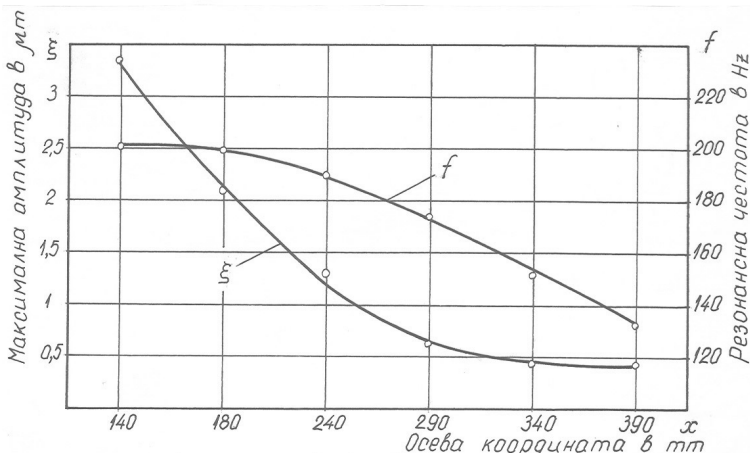
## 2. Анализ на получените резултати

Получените форми на линията на трептене на борщангата дават приблизителна информация за трептящото поведение на борщангата при определена осова координата. От тях може да се определят:

- максималната амплитуда в свободния участък между опорите;
- осова координата  $x_2$ , която съответства на максималната амплитуда;
- наличието на една или повече максимални стойности;
- абсолютни стойности на амплитудите при различна осова координата.

На фиг.1,б са показани две от получените форми на трептене на борщангата (при  $x = 190$  и  $390\text{mm}$ ). Наблюдава се и качествено изменение на линията на трептене, като при малки осови координати има два амплитудни максимума.

С вибровъзбудителя се създават трептения на разстъргващата глава с постоянна амплитуда, равна на  $11 \mu\text{m}$ . За изследването представлява интерес каква ще се получи максималната амплитуда на трептенията на борщангата в участъка между опорите и донякъде резонансната честота на системата при изменение на осовата координата. Получените резултати са представени на фиг.2.



Фиг.2. Изменение на амплитудата  $\xi$  и честотата  $f$  при промяна на осовата координата  $x$

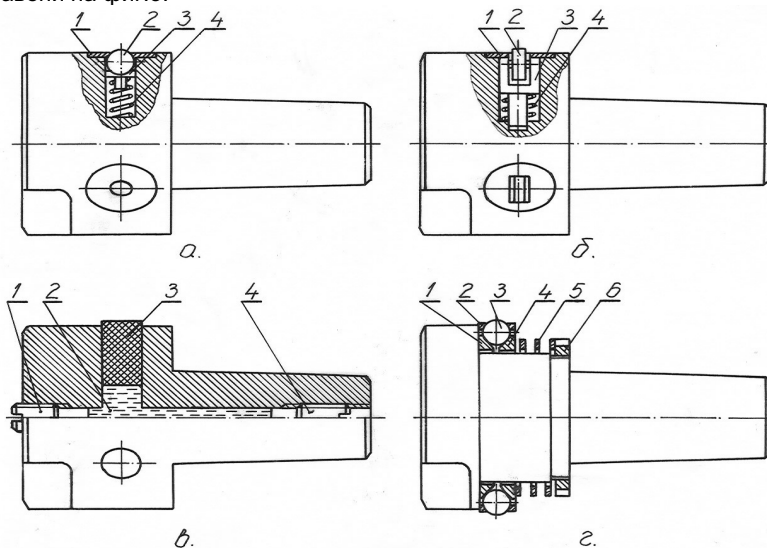
От фигурата се вижда, че с нарастване на осовата координата максималната стойност на измерената амплитуда на борщангата в участъка между опорите намалява. Всъщност необходимост от гасене на вибрациите съществува именно там. Максималната амплитуда на трептене на борщангата в участъка между двете опори, получена при най-голямата стойност на осовата координата  $390 \text{ mm}$ , е около 26 пъти по-малка от амплитудата на трептене на главата и около 8 пъти по-малка в сравнение с измерената при минимална осова координата ( $140 \text{ mm}$ ). Резонансната честота на системата също намалява с нарастване на осовата координата. Получените числени стойности обуславят до известна степен типа на виброгасителя.

Основния извод от изследването се свежда до това, че въвеждането на виброгасящо устройство на борщангата в участъка между двете опори няма да е ефективно. Това устройство трябва да се разположи на разстъргващата глава или в предния край на борщангата, по възможност по-близо до зоната на рязане.

### 3. Разработване и изследване на виброгасящо устройство

Типът и конструкцията на виброгасителя са определени на базата на известни прототипни и нови идеи при отчитане конструктивните особености на уредбата. Надеждността на работата му е изследвана при работа в действителни условия. Като критерии за оценка са избрани видимите следи от вибрациите по обработените повърхнини и появата на характерни шумове.

След анализиране на конструктивно-технологичните предпоставки е прието виброгасителят да се разположи на разстъргващата глава. Разработени и експериментирани на четири конструктивни варианта, които схематизирано са представени на фиг.3.



Фиг.3. Конструктивни варианти на виброгасящи устройства

На фиг.3,а е показано виброгасящо устройство с три сачми 2. Те се притискат към обработената повърхнина от пружините 4, посредством опорните пети 3. Изпадането на сачмите се предотвратява от капачките 1. Поглъщането на енергията на колебателното движение се извършва за сметка на силите на триене по контактните повърхнини на устройството. Това устройства не показва надеждност при изпитанията и бе отхвърлено поради следните недостатъци:

1. Не са създадени условия за устойчиво движение на сачмите, които изпълняват сложно и неравномерно съчетание от търкаляне и плъзгане.

2. Интензивно износване на опорната пета на капачката.

3. При увеличаване на износването се получава заклиняване на сачмите от попадането на дребни стружки.

За избягване на първите два недостатъка е конструирано устройство показано на фиг.3.5,б. При него сачмите са заменени с малки търкалящи лагери 2, които се установяват на държателите 3. Оказа се, че при него по-силно е подчертан третият недостатък, поради невъзможността да се постигне добро уплътнение между лагерите и капачката.

Принципно различна е работата на виброгасителя, показан на фиг.3,в. Към обработената повърхнина на отвора се притискат плунжерите 3 от хидропластмасата 2. При износване на плунжерите налягането на хидропластмасата се повишава периодично с буталото 1. Винтът 4 се използва за обезвъздушаване. Поглъщането на енергията на колебателното движение се извършва за сметка на вътрешното триене на хидропластмасата и триенето между плунжерите и отворите.

Първият образец бе изработен от текстолитови плунжери, като са взети предвид демпфериращите свойства на пластмасите. Работата му се компрометира от много бързото износване на плунжерите. Заменянето им с метални показва друг недостатък – нараняване и надирание на обработената повърхнина. Това устройство също бе отхвърлено, въпреки че като принцип за гасене на вибрациите показва надеждна работа.

Устройството на фиг.3,г се явява конструктивно усъвършенстване на първото (фиг.3,а). Сачмите 3, поддържани от сепаратора 2, се притискат към обработената повърхнина от пружината 5, посредством опорните конуси 1 и 4. Силата на пружината се определя експериментално и се регулира с гайката 6. Опорните конуси са освободени по отвора и нямат гарантиран контакт с корпусна на главата. Устройството се характеризира с простотата и ремонтнопригодност. Гасенето на вибрациите се постига за сметка на силите на триене, които възникват между контактните повърхнини на елементите на устройството.

При лабораторните изпитания това устройство показва безотказна работа за обработвани отвори с дължина до 340mm. В следствие то е изпитано от заводски специалисти и при по-голяма дължина на обработвания отвор. Не са забелязани видими следи от вибрации при разстъргване на цилиндри с дължина 520mm.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Изводът от експерименталното изследване е, че въвеждането на виброгасящо устройство на борщангата в участъка между двете опори няма да е ефективно. Това устройство трябва да се разположи на разстъргващата глава или в предния край на борщангата, по възможност по-близо до зоната на рязане. Разработени и изследвани са четири типа виброгасящи устройства. Доказано като най-ефективно е устройството от самено-сепараторен тип с опорни конуси и осева пружина.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Замфиров Ив., Повишаване на точността и производителността при разстъргване чрез саморегулиране, дисертация за присъждане на научна степен к.т.н., Русе, 1981.
- [2] Рыжков Д. Вибрации при резания металлов и методы их устранения, М. 1961.
- [3] Филоненко С., Резание металлов, Киев, Техника, 1975.
- [4] Reussir des alesages corrects: c'est d'abord une question d'utils, "Mach.-ortil, 1978.
- [5] SANDVIC Coromant – TNS, Vibrations gedampfte bohrstangen, проспект, 2005.

### **За контакти:**

Доц.д-р Иван Замфиров, катедра „Технология на машиностроенето и металоурежещи машини“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.:082 888 822, E-mail: [zamfirov@ru.acad.bg](mailto:zamfirov@ru.acad.bg).

**Докладът е рецензиран.**