

УДК 621.822

**В.Б. Струтинський, проф., д-р. техн. наук**

*Національний технічний університет України „КПІ”*

**М.І. Черновол, проф., д-р. техн. наук, А.В.Кропівна, доц., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## Вібраційні параметри вузлів токарного багатопиндельного автомата

В статті приведено аналіз причин і результати розрахунку вібраційних параметрів основних вузлів токарних багатопиндельних автоматів. Визначено частоти основних джерел вібраційних возмущень в динамічній системі токарного багатопиндельного автомата 1Б2656К.  
**токарные многошпиндельные автоматы, вибрационные параметры узлов**

При роботі токарного багатопиндельного автомата верстата мають місце інтенсивні вібраційні процеси. Основні джерела вібрацій - обертові заготовки, які опираються в напрямних трубах токарного багатопиндельного автомата [1]. Причинами вібрацій є також механічні приводи верстата, зокрема, привід головного руху. Аналіз джерел вібрації здійснено шляхом детального вивчення робочих процесів основних вузлів та агрегатів верстата [2,3].

Можливі основні джерела вібрацій токарного багатопиндельного автомата наведені на рис.1.

До групи А (рис.1) джерел вібрації належать:

- статична і динамічна невідповідність ротора, перемагнічування активного заліза ротора;
- пульсації магнітного потоку в повітряних зазорах;
- перемагнічування активного заліза статора;
- вихрові струми в магнітній системі статора і ротора;
- збурення в енергосистемі живлення;
- похибки форми [4] деталей підшипників кочення ротора, зокрема гранність і хвилястість тіл кочення та доріжок, похибки установки і монтажу підшипників.

До групи В джерел вібрації належать:

- невідповідність деталей приводу верстата, що обертаються, похибки статичного і динамічного балансування;
- похибки форми деталей підшипників валів, зокрема хвилястість доріжок і тіл кочення, гранність тіл кочення, похибки установки [4] і монтажу підшипників кочення, пристроїв забезпечення натягів підшипників, радіальні та осьові зазори в підшипниках;
- деформації деталей опор, зокрема локальні, динамічні та термічні деформації, зміни умов змащення в підшипниках.

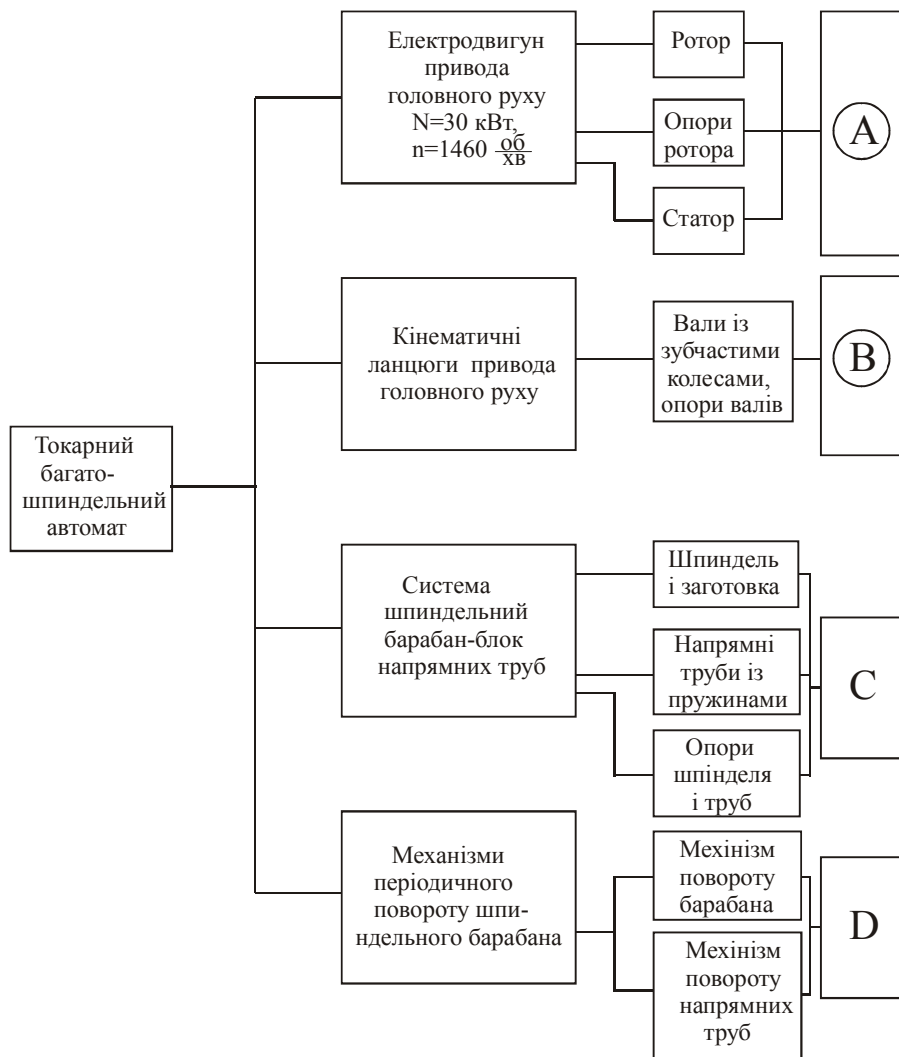


Рисунок 1 - Основні джерела вібрації токарного багатошпindelного автомата

До групи С джерел вібрації належать:

- нерівноваженість заготовки внаслідок особливих умов її опирання;
- похибки форми деталей підшипників опор шпindelя;
- нерівноваженість шпindelного вузла, зокрема механізму затиску та механізму подачі заготовки;
- ударні процеси в місцях опирання заготовки, зокрема на кільце труби подачі, на кільце прямої труби та на хвильові пружини;
- похибки установки і монтажу [4] напрямних труб та деталей, які забезпечують опирання заготовки в напрямних трубах.

До групи D джерел вібрації належать:

- ударні процеси в механізмі повороту шпindelного барабана;
- удари в механізмі повороту блоку напрямних труб.

Характерні частоти окремих вібраційних збурень розраховані за наведеними нижче формулами. Вібраційні збурення, обумовлені перемагнічуванням активного заліза статора і ротора електродвигуна, мають основну інтенсивність на частоті:

$$f_3 = 2f_0 ,$$

де  $f_0$  - частота змінного струму електромережі живлення.

Пульсації магнітного потоку в повітряному зазорі асинхронного електродвигуна визначають спектр збурень із максимумом на частоті:

$$f_n = f_0 \left[ n + z_r R \cdot \frac{(1-s)}{p} \right],$$

де  $n=2$  або  $n=0$ ,  $z_r$  - число зубців ротора електродвигуна;

$p$  - число полюсів електродвигуна;  $s$  - параметр який визначає статичну характеристику по моменту ковзання електродвигуна;

$R=1,2,\dots$  - порядковий номер гармоніки спектрального розкладу вібраційного збурення в гармонійний ряд (ряд Фур'є).

Похибки виготовлення і збирання обертових деталей обумовлюють збурення на частоті:

$$f_p = \frac{n_i \cdot K_j}{60},$$

де  $n_i$  - частота обертання  $i$ -ї деталі, об/хв;

$K_j$  - частота зміни збурюючої дії за один оберт деталі.

Основними джерелами збурень кінематичних ланцюгів верстата є зубчасті передачі. При роботі верстата мають місце ударні навантаження в зубчастих зачепленнях, які спричиняються зазорами та переспряженнями зубців передач і діють на частотах:

$$f_z = \frac{z_i \cdot n_i}{60},$$

де  $z_i$  - число зубців шестерні або колеса, які обертаються з частотою  $n_i$ .

Відхилення форми підшипників кочення визначає збурення на частотах:

$$f_f = \frac{n_i}{2 \cdot 60}.$$

Радіальні зазори в підшипниках кочення викликають вібраційні збурення на частотах:

$$f_R = \frac{m_i \cdot n_i}{2 \cdot 60},$$

де  $m_i$  - число тіл кочення  $i$ -го підшипника;

$n_i$  - частота обертання.

Хвилястість доріжок підшипників обумовлює виникнення вібрацій на частотах:

$$f_d = f_f \left( 1 \pm \frac{d_T}{D_0} \right) \frac{z_T z_b}{q},$$

де  $d_T$  - діаметр тіла кочення;

$D_0$  - діаметр центрів тіл кочення;

$z_b$  - число хвиль на доріжці кочення;

$z_T$  - число граней тіл кочення ;

$q$  - коефіцієнт, який враховує зміну частоти внаслідок зміщення тіл кочення.

При обертанні заготовок в напрямних трубах має місце вібраційне збурення динамічної системи верстата на частотах:

$$f_H = \frac{n}{60} \cdot r ,$$

де  $r$  - 1,2,...4 – число суттєвих гармонік низькочастотних коливань заготовки.

Наведені вище розрахункові формули використані для розрахунку частотних діапазонів основних джерел вібраційних збурень у динамічній системі верстата. Розрахункові значення частот наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Розрахункові значення частот основних джерел вібраційних збурень в динамічній системі токарного багатопшпindelного автомата 1Б2656К

№ з/п	Джерело вібраційного збурення	Частота збурення, Гц
1	Неврівноваженість ротора електродвигуна	26,6
2	Збурення, обумовлені перемагнічуванням активного заліза електродвигуна	98,8
3	Пульсації магнітного потоку в зазорі	950
4	Переспряження зубців передачі від вала I до вала II	942
5	Переспряження зубців передачі від вала II до вала III	844
6	Переспряження зубців привідної передачі шпинделя	10,2
7	Збурення, обумовлені відхиленням форми підшипників кочення шпинделя	20,4
8	Перша форма власних поперечних коливань заготовки	8,8
9	Друга форма власних поперечних коливань заготовки	35,3
10	Третя форма власних поперечних коливань заготовки	79,4
11	Четверта форма власних поперечних коливань заготовки	141,3
12	П'ята форма власних поперечних коливань заготовки	220,8
13	Шоста форма власних поперечних коливань заготовки	318,0
14	Сьома форма власних поперечних коливань заготовки	432,8
15	Восьма форма власних поперечних коливань заготовки	565,3
16	Дев'ята форма власних поперечних коливань заготовки	715,5
17	Десята форма власних поперечних коливань заготовки	883,3
18	Збурення внаслідок зазорів у підшипниках шпинделя	10,2
19	Збурення внаслідок хвилястості доріжок підшипників шпинделя	121,2
20	Збурення внаслідок ударної взаємодії заготовок із напрямними трубами	142,0
21	Неврівноваженість обертових деталей вала II	124,0
22	Неврівноваженість обертових деталей вала III	106,0
23	Неврівноваженість обертових деталей вала III	86,5

Визначенні характеристики віброакустичних параметрів верстата дозволяють проводити розшифрування спектральних характеристик віброакустичних параметрів верстата по експериментальним спектрограмам віброакустичних параметрів.

## **Висновки**

Однією з причин вібрацій токарних багатошпindelних автоматів є механічні приводи верстата, зокрема привод головного руху. Аналіз джерел вібрації здійснено шляхом вивчення робочих процесів основних вузлів і агрегатів верстата. Встановлено основні причини вібрацій, зокрема це: - невірноваженість деталей приводу верстата, похибки статичного і динамічного балансування, похибки форми деталей підшипників валів, похибки установки і монтажу підшипників кочення, зазори в підшипниках, деформації деталей опор, зміни умов змащення в підшипниках.

## **Список літератури**

1. Струтинський В.Б., Кропивна А.В. Математична модель вібраційного поля довгомірної маложореткої заготовки при обробці деталей токарним автоматом // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Випуск 12. Кіровоград, 2003. -С.29-41.
2. Автоматы многошпиндельные прутковое горизонтальное повышенной точности 1Б265: Руководство по эксплуатации.-К.: КИАПО,1979.-339 с.
3. Борьба с шумом и вибрацией в промышленности / Е.П.Самойлюк, В.В.Сафонов. -К.: Вища школа, 1990.-167 с.
4. Зенкин А.С., Петко И.В. Допуски и посадки в машиностроении. Справочник. –К.: Техніка, 1984.-311 с.

The analysis of reasons and results of calculation of vibration parameters of knots of multi-spindle rod automats is resulted in the article. Frequencies of basic sources of vibration indignations are certain in the dynamic system of of multi-spindle rod automats of 1Б2656К.