

# ИЗМЕРВАНЕ НА ВИБРАЦИИ НА ТЪКАЧНА МАШИНА С ГЪВКАВИ РАПИРИ

Калоян ДИМИТРОВ

[ka\\_dimitrov@mail.bg](mailto:ka_dimitrov@mail.bg)

ТУ-София, Факултет и Колеж – Сливен  
гр. Сливен, бул. "Бургаско шосе" № 59

## Резюме

*Настоящата разработка представя информация за вибрациите възникващи в съвременните тъкачни машини с гъвкави рапири. Обект на експерименталната работа е тъкачен стан с максимално динамично натоварване и висока честота на въртене. Направени са измервания на вибрациите. Представени са виброграми на трите параметъра характеризиращи механичните трептения (преместване, скорост и ускорение).*

## Ключови думи

*Тъкачни машини, вибродиагностика, вибрации, вибропреместване, виброскорост, виброускорение*

## Въведение

Необходимостта от контролирането на вибрациите е поради факта, че в повечето случаи те са нежелателно явление, наличието, на което може да доведе до нанасянето на щети върху елементи и машинни възли и да влоши работата им, както и до прекомерното им износване и повреда. Това налага непрекъснат контрол и комплексна оценка на оборудването.

Тъкачните машини са подложени на динамични и ударни натоварвания, което е предпоставка за повишаване на вибрациите, които водят до преждевременно износване на отделни части на машината, чести ремонти и в някои случаи тежки аварии.

*Предметът* на разработката са механичните трептения (вибрациите) в тъкачните машини. Параметрите, с които се характеризират вибрациите са – преместване, скорост и ускорение.

*Целта* на настоящата работа е да се получи информация за характера на вибрациите възникващи в тъкачните машини. Освен това и да се направи сравнителен анализ на трите величини характеризиращи вибрациите (преместване, скорост и ускорение).

*Задачите*, които са поставени за осъществяването на целта включват: литературно проучване на теорията и методите на организация на процеса на разпознаване на техническото състояние на машините с използване на вибрационното им състояние като основен източник на информация и величините характеризиращи вибрациите; експериментална

работа с уред за измерване на вибрации (виброметър); обработка и анализ на получените експериментални резултати.

## Теоретични предпоставки

Един от най-разпространените и достъпни методи на техническата диагностика е вибродиагностиката. Тя определя състоянието на техническите системи чрез изследване и анализ на вибрациите.

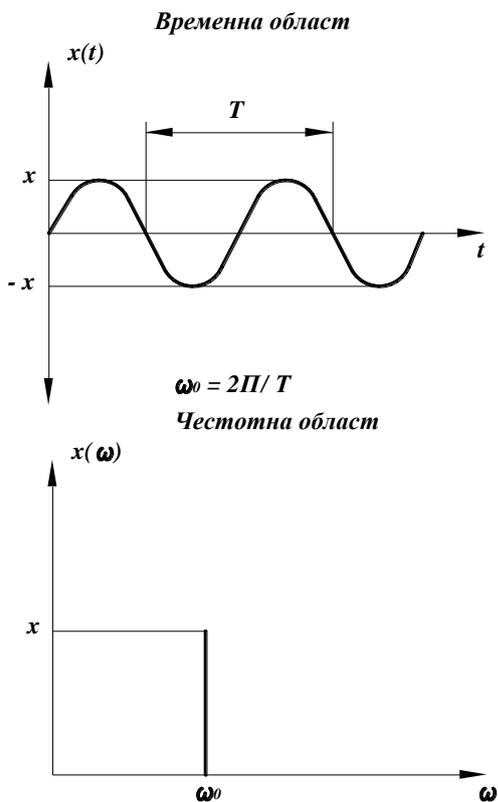
Контролираните параметри носещи информация за техническото му състояние, се наричат диагностични признаци. Във вибродиагностиката като диагностични признаци се използват физическите величини, характеризиращи механичните трептения на обекта. [ Минчев Н. 1988]

От механиката е известно, че вибрациите представляват механични трептения, които могат да бъдат свободни (затихващи) или принудени. Те се генерират от случайни (единични) или от периодично променящи се външни възбуждащи сили. Основните параметри на трептенията са техните амплитуда и честота (или период).

Физическите величини, с които се характеризират вибрациите са вибросигналите. Обикновено най-често срещаните се вибрации се описват с периодично хармоничен и полихармоничен вибросигнал във функция от времето  $t$ .

*Хармоничните* вибросигнали се изменят по синусоидален закон или близък до

синосуидалния. На фиг. 2 са показани графично формата и зависимостите на функцията от времето и от ъгловата честота във временна и честотна област.



**Фиг.2** Процес на хармонично трептене във временна и честотна област

Този процес се описва със следната функция:

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi), \quad (1)$$

където  $A$  е амплитудата;

$\omega$  – ъгловата честота,  $s^{-1}$

$\varphi$  – начален фазов ъгъл,  $rad$ .

Параметрите описващи линейни вибрации са вибропреместване, виброскорост и виброускорение. Ъгъл на завъртане, ъглова скорост и ъглово ускорение характеризират ъгловата вибрация.

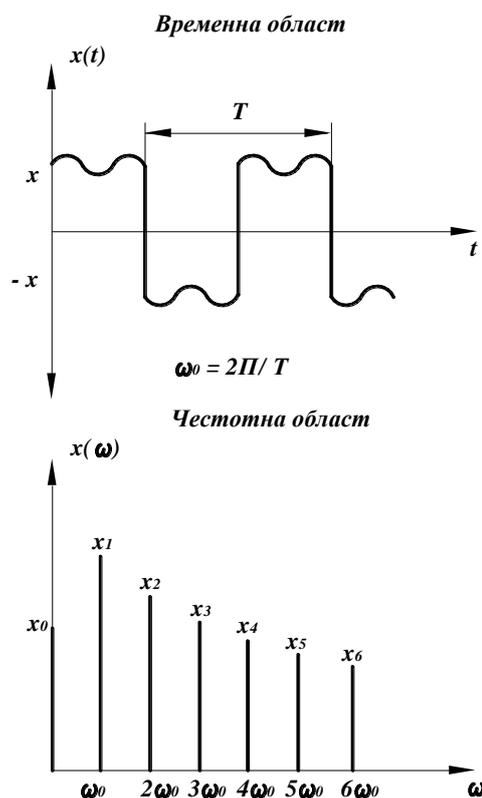
Зависимост (1) представя вибропреместването. Първата производна спрямо времето, се нарича виброскорост  $v$ :

$$v = \dot{x}(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi) \quad (2)$$

Втората производна от вибропреместването  $x$ , спрямо времето е виброускорението:

$$a = \ddot{x}(t) = -A \omega_0^2 \sin(\omega_0 t + \varphi) \quad (3)$$

Вибрационните процеси наблюдавани в практика имат сложна форма. Те са така наречените полихармонични трептения. Стойността на величината (вибросигнала) характеризиращи този процес се повтаря през един и същ времеви интервал  $T$  (фиг. 3).



**Фиг. 3** Процес на полихармонично трептене във временна и честотна област

Полихармоничният сигнал удовлетворява условието за периодичност:

$$x(t) = x(t + nT), \quad (n = 0, 1, 2 \dots) \quad (4)$$

Ъгловата честота, съответстваща на периода на повторение на вибросигнала, се нарича основна ъглова честота. Характеризира се със следната зависимост:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \quad (5)$$

Периодичните вибросигнали се разлагат в ред на Фурие:

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t), \quad (6)$$

където

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \cos n\omega_0 t dt, \quad n = 0, 1, 2 \dots; \quad (7)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \sin n\omega_0 t dt, \quad n = 0, 1, 2 \dots \quad (8).$$

Редът на Фурие може да се запише и като:

$$x(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n\omega_0 t - \theta_n), \quad (9)$$

където  $C_0 = \frac{a_0}{2}$ ;

$$C_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

$$\theta_n = \arctg \frac{b_n}{a_n}, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

Както се вижда от фиг.3, полихармоничният сигнал се състои от безкраен брой синусоидални компоненти, наречени хармоници с амплитуди  $C_n$  и начални фази  $\theta_n$ . Представянето на сигналите като съвкупност от синусоидални компоненти се нарича спектрално разположение. Зависимостите на техните амплитуди и начални фази от честотата се наричат съответно амплитудно-честотен и фазо-честотен спектър.

В комплексна форма на Фурие се записва като:

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n^* e^{in\omega t} \quad (10)$$

$$C_n^* = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) e^{-in\omega t} dt,$$

$C_n^*$  е комплексен коефициент;

$$C_n^* = |C_n| e^{i(\omega t - \theta_n)};$$

$$|C_n| = \frac{1}{2} \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad \theta_n = \arctg \frac{b_n}{a_n},$$

където  $|C_n|$  - модул на комплексния коефициент;  
 $\theta_n$  - аргумент на комплексния коефициент.  
 [Минчев Н. 1988], [Иориш Ю. 1963], [Начев Н.].

#### Опитна постановка

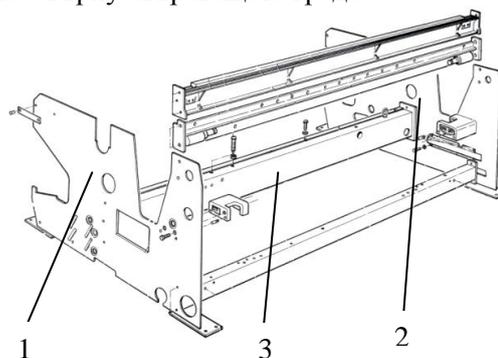
Експерименталната работа е проведена в реални производствени условия в тъкачен цех на фирма Е. Миролио ЕАД гр. Сливен. Машинният парк на цеха се състои от 120 тъкачни машини, което дава достатъчно голяма възможност за избор на обекти за изследване. За осъществяване на експеримента е подбрана тъкачна машина, която е с максимално динамично натоварване и с висока честота на въртене ( $590 \text{ min}^{-1}$ ).

Посредством виброметър РСЕ – ВТ 204 са направени измервания на трите параметъра на вибрациите (преместване, скорост и ускорение). Уредът е снабден с вътрешно честотни филтри, които потискат фоновия шум и по този начин могат да се открият специфични вибрации. Виброметърът предоставя възможност за измерване на вибрации и техните параметри в следните обхвати: (ускорение:  $0,5 \dots 199,9 \text{ m/s}^2$ ; скорост:  $0,5 \dots 199,9 \text{ mm/s}$ ; преместване:  $0,005 \dots 1,999 \text{ mm}$ ). Уредът работи в честотен диапазон от  $10\text{Hz}$  до  $1\text{kHz}$ . Измереният вибросигнал се представя като средноквадратична стойност (RMS).

Има препоръки да се избягват измервателни точки, в които сигналът е резултат от множество възбудители, каквито са механизмите в тъкачния стан. Измерването е направено по рамата на машината. По този начин може да се получи обща информация за

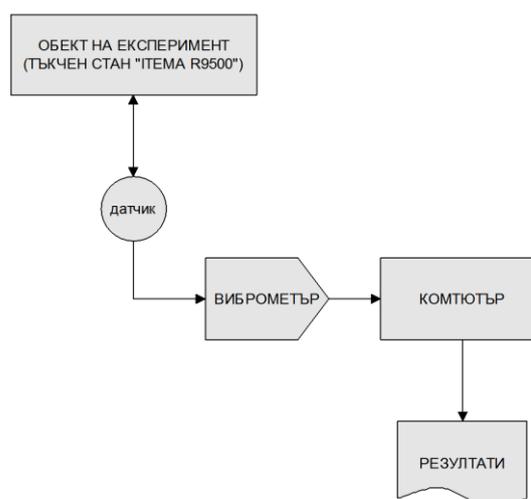
вибрациите възникващи в тъкачната машина. Поради това, че основните механизми на тъкачния стан са свързани непосредствено с нея. Избрани са три измервателни точки, при които са измерени вибрациите в две направления – аксиално и радиално.

На фиг. 4 е показано мястото на измервателните точки. Избрани са три точки за измерване Точките 1 и 2 са съответно разположени на страничните части на рамата, а точка 3 върху свързващата греда.



Фиг. 4 Рамата на тъкачен стан и мястото на измервателните точки

От представената блок-схема на фиг. 5 се вижда последователността и начина на измерване на вибрациите в настоящата експериментална работа. Измервателният датчик е свързан с магнитен накрайник, който е поставен на мястото на измервателната точка. Получените данни се преобразуват във виброметъра и чрез интерфейсна връзка с портативен компютър се съхраняват и обработват за по нататъшна обработка. С помощта на специализиран софтуер данните се обработват и се представят в графичен вид.



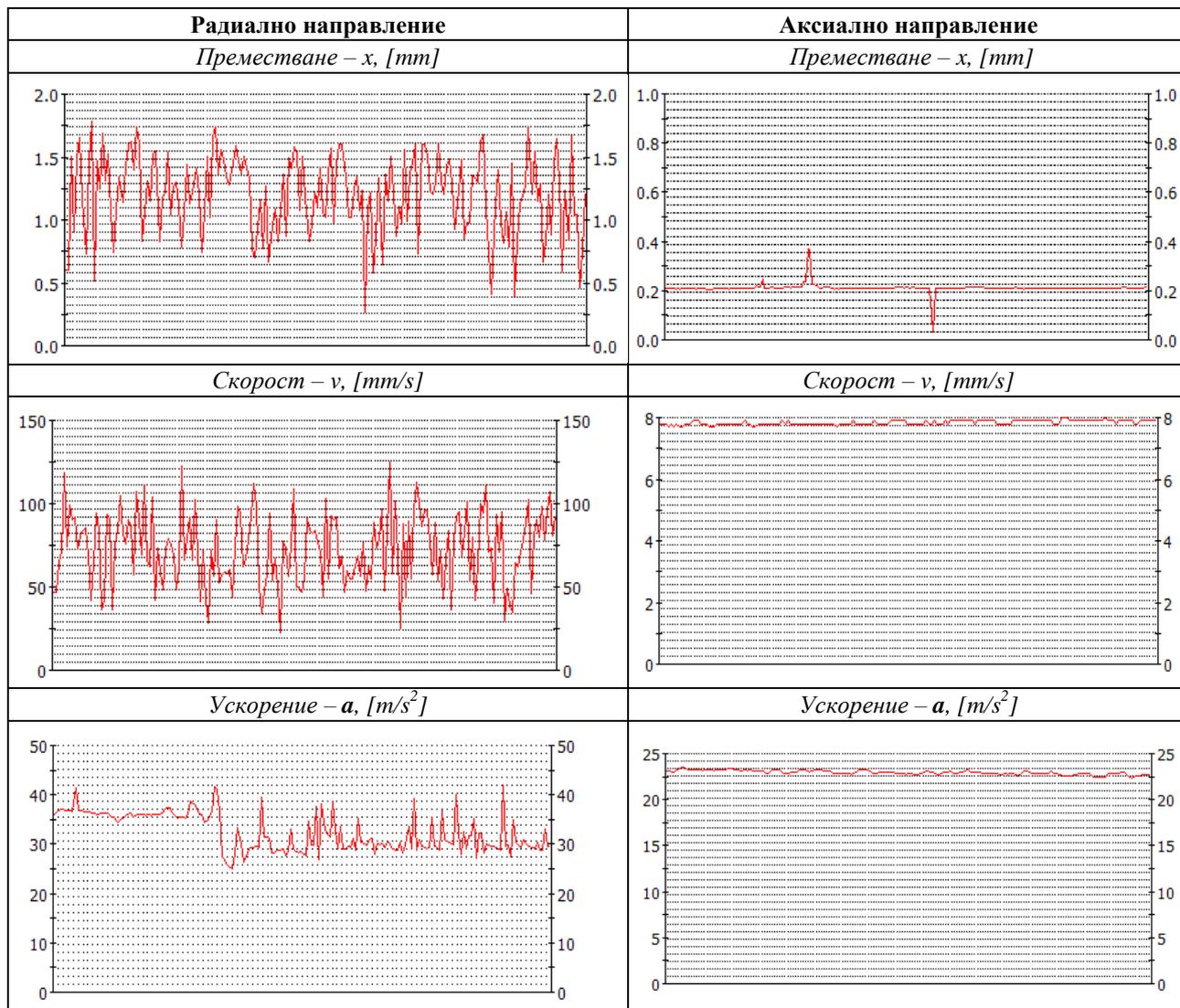
Фиг. 5 Блок-схема на последователността, начина на измерване и обработка на вибрации в тъкачен стан

## Експериментална работа

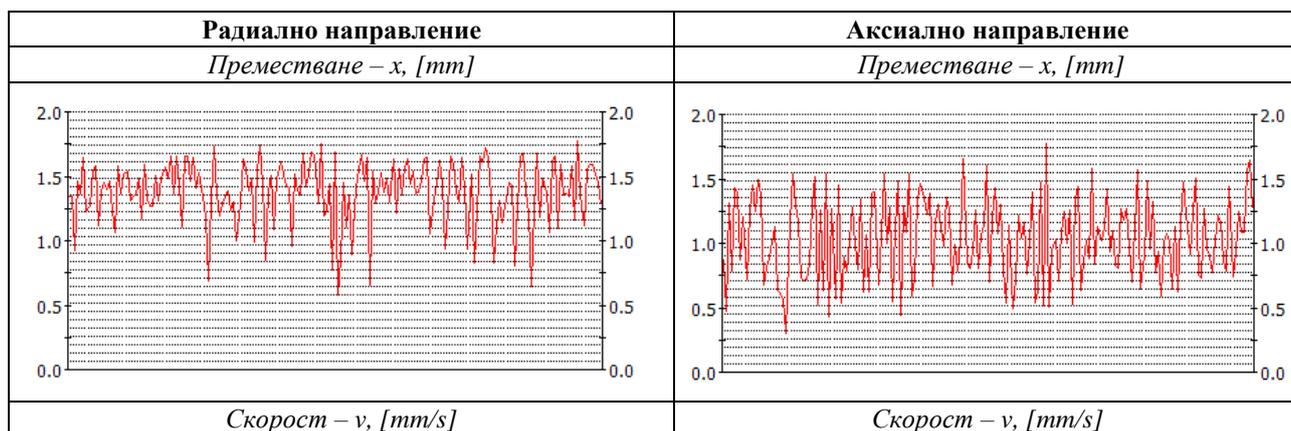
Проведените измервания са представени във вид на виброграми. За всяка измервателна точка са приложени трите параметъра на вибрациите (преместване, скорост и ускорение)

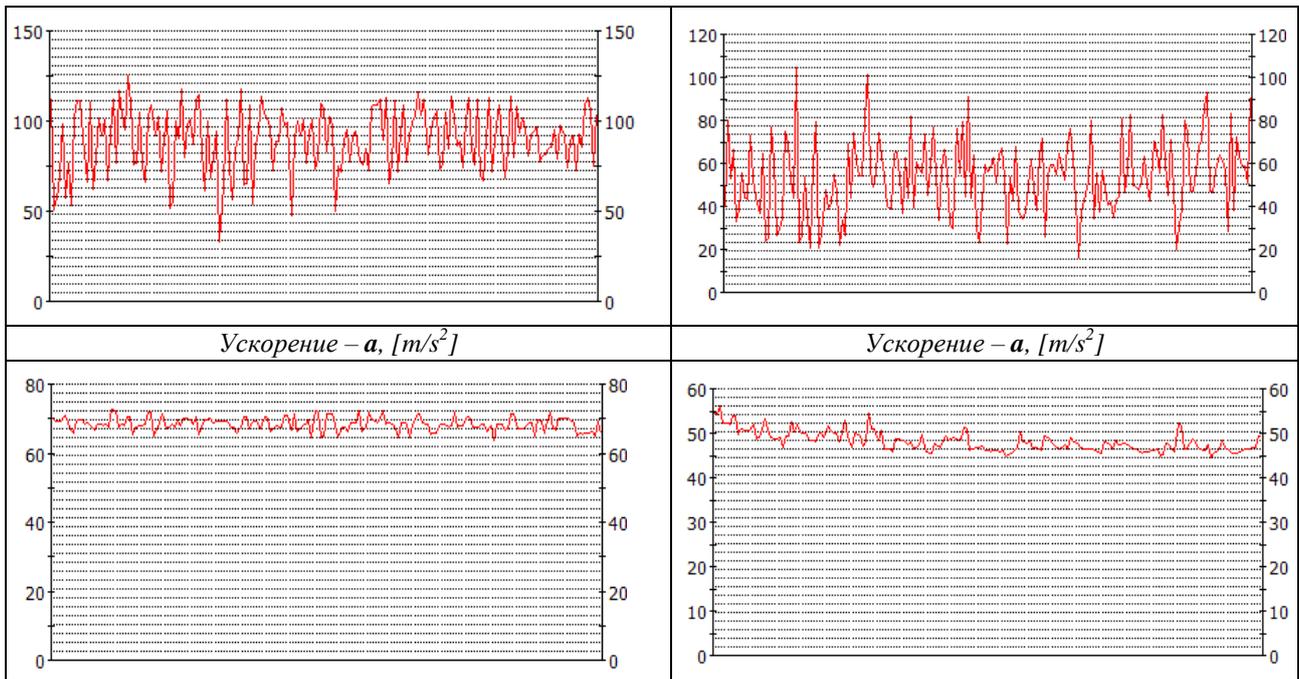
в зависимост от времето. Освен това измерването е направено в радиално и аксиално направление, което дава възможност за по-пълнен анализ.

### Измервателна точка 1

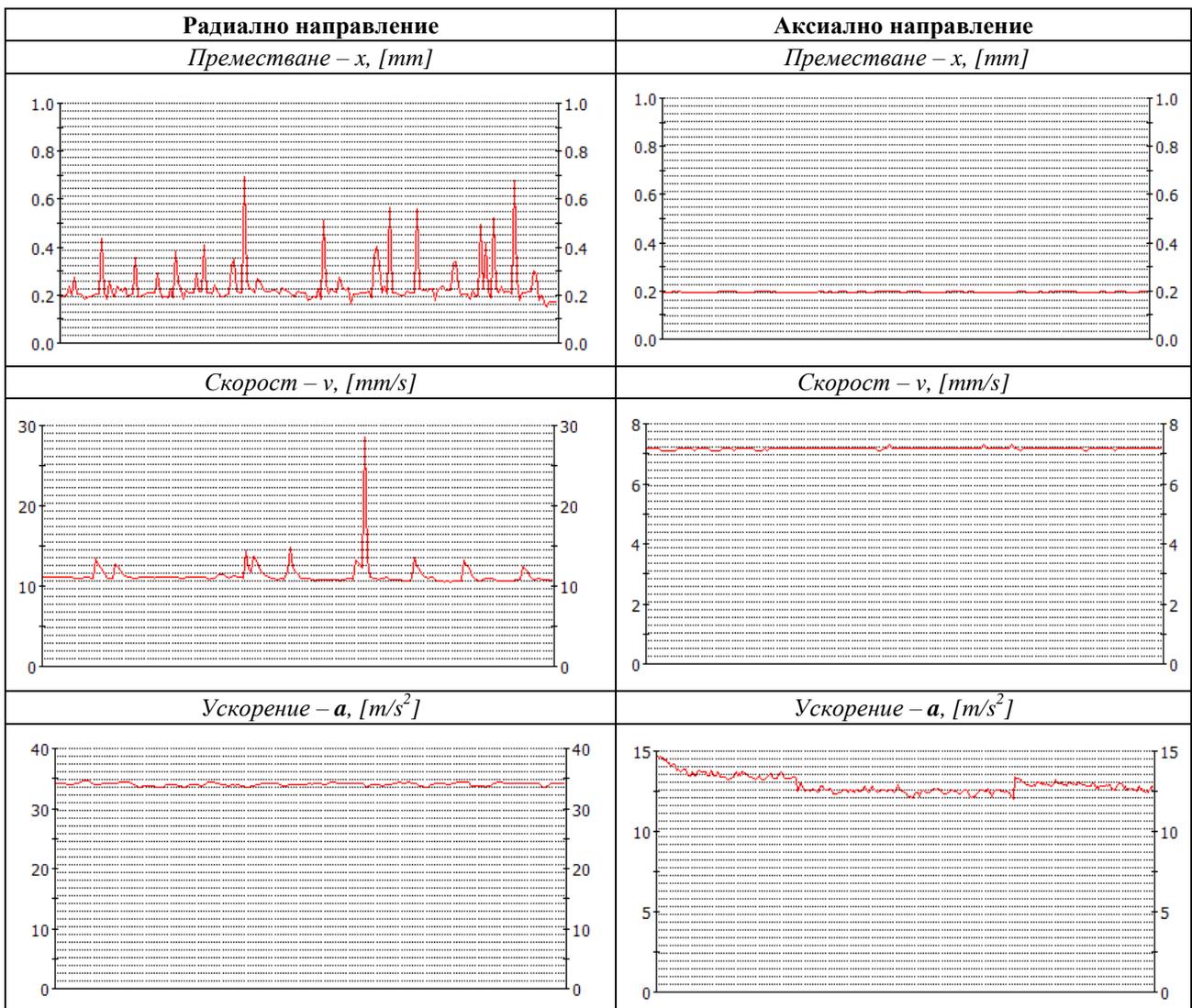


### Измервателна точка 2





### Измервателна точка 3



## **Заклучение**

Резултатите от направеното изследване представят първична информация за възникващите вибрации в тъкачните машини.

От виброграмите се вижда, че в измервателните точки 1 и 2 стойностите на параметрите на механичните трептения са високи, което показва, че механизмите намиращи се в точки 1 и 2 са с високо динамично и ударно натоварване. Това е предпоставка за поява на чести откази и аварии, което пък от своя страна може да доведе до непланиран принудителен престой и увеличаване на ремонтните разходи.

Представената работа поставя начало на следващи експериментални изследвания. Като обект за изследване ще са механизмите, които са с големи динамични натоварвания.

## **Благодарности**

Проведеният експеримент в настоящата разработка е финансиран по НИП № 112 ПД 047 – 5 от Вътрешен конкурс на ТУ – София, 2012г.

Представената разработка е осъществена благодарение на сътрудничеството с фирма Е. Миролио ЕАД гр. Сливен, представлявана от д-р Гаетано Римини – изпълнителен директор.

## **Литература**

Минчев Н., Григоров В., Вибродиагностика на ротационни и бутални машини, изд. Техника, София, 1988.

Йориш Ю. И., Виброметрия, ”ГНТИМЛ”, Москва, 1963

Начев Н., Изследване на параметрите и характеристиките на вибрационни процеси, ТУ – София.

<http://engineering-review.bg>

<http://www.vibration.ru/>

# **MEASUREMENT OF VIBRATIONS OF THE WEAVING MACHINES WITH FLEXIBLE RAPIER**

**Kaloyan Dimitrov**

## **Abstract**

This paper presents information about the vibrations arising in modern weaving machines with flexible rapiers. The object of the experimental work is loom with a maximum dynamic load and high speed. We have measured and analysis of vibrations. Presents vibrograms of three parameters characterizing the mechanical vibrations (displacement, velocity and acceleration).