

## УСЛОВИЯ ЗА ВЪЗНИКВАНЕ НА ВИБРАЦИИ ПРИ МАШИНИТЕ ЗА ФРЕЗОВАНЕ НА ДЪРВЕСИНА

Павлин Вичев

Лесотехнически университет – София, e:mail: p\_vitchev@abv.bg

### РЕЗЮМЕ

Процесът на работа на всяка една машина неизбежно е съпътстван от възникването на вибрации, които имат неблагоприятно въздействие върху работата на машината. Вибрациите са сред основните фактори оказващи влияние върху надеждната работа на дървообработващите машини, износоустойчивостта на режещите инструменти и качеството на обработените повърхнини.

В работата са представени основните понятия характеризиращи трептеливите движения. Разгледани са условията за възникване на вибрации, произтичащи от механизма за рязане на машината, режещия инструмент, режима на рязане и обработвания материал.

**Ключови думи:** вибрации, машини за фрезование, качество на повърхнините

### УВОД

Процесът на фрезование е обработване на детайли от масивна дървесина и композитни материали с цел да им бъдат придадени определени форма, размери и чистота на обработка. Един от факторите, оказващи влияние върху стабилната работа на машината и качеството на получените повърхнини, са възникващите в процеса на работа вибрации.

Под вибрации се разбира механично трептене на тяло, което се извършва около определено равновесно положение и се повтаря с течение на времето. Вибриращите тела са източници на шум, като на практика вибрациите и шумът са в право пропорционална зависимост. С увеличаване интензивността на вибрациите се увеличава и нивото на шума. Големината на вибрациите над определени граници, оказва негативно влияние както върху стабилността на технологичния процес, така и върху здравето на оператора на машината.

Нивото на вибрациите зависи от типа на рязане и от неговите параметри, от състоянието на машината, от състоянието

на режещите инструменти, от вида на обработвания материал и др.

При наличие на високи стойности на вибрациите машините и техните режещи инструменти са подложени на силни натоварвания и на по-голямо износване. Измерването и анализирането на вибрациите дава възможност да се получи информация за причините довели до тяхното възникване, с цел те да бъдат сведени до минимални стойности.

### 1. ОСНОВНИ ВЕЛИЧИНИ НА ТРЕПТЕЛИВИТЕ ДВИЖЕНИЯ

Трептеливото движение /вибрация/ е процес, при който за определена физична величина, характеризираща този процес, са характерни многократни преходи от нарастване към намаляване, редуващи се с обратните преходи от намаляване към нарастване (Вуков, 2011).

Вибрациите се характеризират чрез измерването на някои от трите величини:

- вибрационно преместване  $s$  [ $\mu\text{m}$ ] – моментната стойност на отклонението на трептящата точка от равновесното положение.

- вибрационна скорост  $v$  [m/s] – моментната стойност на първата производна, спрямо времето на вибрационното преместване  $s$ .
- вибрационно ускорение  $a$  [m/s<sup>2</sup>] – моментната стойност на първата производна спрямо времето на вибрационната скорост  $v$  или втората производна спрямо времето на вибрационното преместване  $s$  (БДС 11664–73; БДС ISO 10816–1).

Изборът за измерване на съответната величина е свързан с решаването на конкретната експериментална задача и зависи от използваната измервателна апаратура.

В случаите, когато се анализират динамичните сили на определен вибрационен процес е целесъобразно да се измерва вибрационното ускорение. В този случай се обхващат предимно високочестотните вибрации. При отчитане на вибрационното преместване на вибрациите на един свободно окачен електродвигател, се наблюдава, че с нарастване на честотата стойността на вибрационното преместване намалява. Ако на същото място, на електродвигателя се измерва вибрационното ускорение се наблюдава противоположната зависимост. С увеличаване на честотата, стойностите на вибрационното ускорение нарастват. В този случай ниските честоти биват подценявани, а високите надценявани (Филипов и др. 1979).

Най-реална оценка за големината на машинните вибрации в целия честотен диапазон дава измерването на средноквадратичната стойност (r.m.s.) на вибрационната скорост  $v$ ; mm/s, което се регламентира от БДС ISO 10816–1.

## 2. ФАКТОРИ ЗА ВЪЗНИКВАНЕ НА ВИБРАЦИИ

Дървообработващите машини много често са интензивен източник на вибра-

ции, оказващи влияние върху надеждната работа на машината, качеството на обработвания продукт и износоустойчивостта на режещите инструменти. Причините за възникване на вибрации могат да бъдат обединени в следните групи – произтичащи от машината; от режещия инструмент; от режима на рязане; от обработвания материал.

### 2.1. ПРИЧИНИ, ПРОИЗТИЧАЩИ ОТ МАШИНАТА

Най-общо, всяка машина се състои от въртящи се и взаимодействащи си елементи, като валове, лагери, зъбни колела и др., които са основна причина за възникване на шумове и вибрации по време на работа.

Основна причина за възникването на вибрации е недоброто балансиране на въртящите се елементи в машината. Дебалансът се дължи на несиметрично разпределение на масата на въртящия се вал спрямо оста му на въртене, в следствие на което възникват периодични центробежни сили. Тези сили, които нарастват с увеличаване честотата на въртене въздействат върху лагерите на машината и възбуждат вибрации. При фрезовите машини вибрациите възникват в следствие на дебаланс на ротора на задвижващия електродвигател, на шпиндела на машината, на ремъчните шайби и на режещия инструмент.

Други причини за пораждаване на вибрации са неизправност в ремъчната предавка, дължаща се на неуспоредност на двете ремъчни шайби; неточност в лагеруването, дължащо се на недопустими хлабини между лагерите и вала, на несъосност между лагерите, на неизправност в техническото състояние на лагерите (деформиран сепаратор, повреда в гривните на лагера) и др.

Важно е да се отбележи, че измерването и анализирателното на вибрациите произтичащи от машината се извършват на празен ход, при всички възможни оборотни степени на шпиндела и без монтирани режещи инструменти.

## 2.2. ПРИЧИНИ, ПРОИЗТИЧАЩИ ОТ РЕЖЕЩИЯ ИНСТРУМЕНТ

Вибрационното състояние на една фрезова машина може да бъде силно повлияно от монтираните режещи инструменти. Тези инструменти трябва да бъдат балансирани самостоятелно с необходимата изискуема точност преди монтирането им на шпиндела на машината. Ако тези инструменти са с голям остатъчен дебаланс след монтирането им на балансирания шпиндел неговото състояние се променя. Това е причина за възникване на вибрации в машината. Тъй като някои от съвременните фрезови инструменти работят при честота на въртене до  $26\,000\text{ min}^{-1}$  тези вибрации могат силно да нарастат.

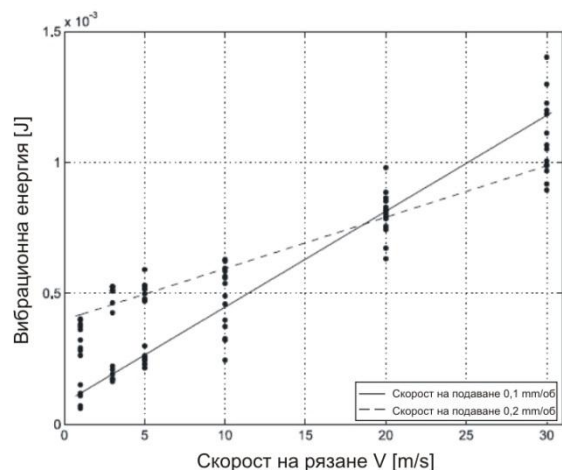
В едно от своите изследвания на вибрационните характеристики на агрегатни дървообработващи машини, Динков и съавтори (1990) установяват, че една от главните причини за възникване на вибрации в агрегатните глави на двойнообрязваща машина „Челаски“ е динамичната неуравновесеност на въртящите се режещи инструменти. Като други причини за вибрации авторите изтъкват евентуални дефекти в лагерите, недопустими хлабини и др.

## 2.3. ПРИЧИНИ, ПРОИЗТИЧАЩИ ОТ ПРОЦЕСА НА РЯЗАНЕ

В процеса на рязане при взаимодействието на режещия инструмент и обработвания детайл възникват сили. Тези сили на рязане зависят от скоростта на рязане и скоростта на подаване. Силите на

рязане пораждаат вибрации в режещия инструмент и в обработвания детайл. Тези вибрации се предават на тялото на машината.

В свое изследване Iskra et al. (2005) измерват какво количество от общата подадена енергия се използва за рязане на плочи от дървесни влакна със средна плътност и каква част от подадената енергия се разпределя като термална, вибрационна и шумова енергия. По отношение на вибрационната енергия авторите установяват, че амплитудата на вибрациите и вибрационната енергия нарастват линейно, както с нарастване на скоростта на рязане ( $V$ ), така и с нарастване скоростта на подаване ( $U$ ) (фиг. 1).

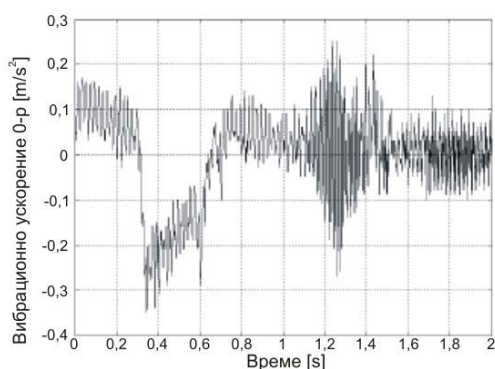


Фиг. 1. Промени във вибрационната енергия при праволинейно рязане на плочи от дървесни влакна със средна плътност при различни скорости на рязане (Iskra et al. 2005).

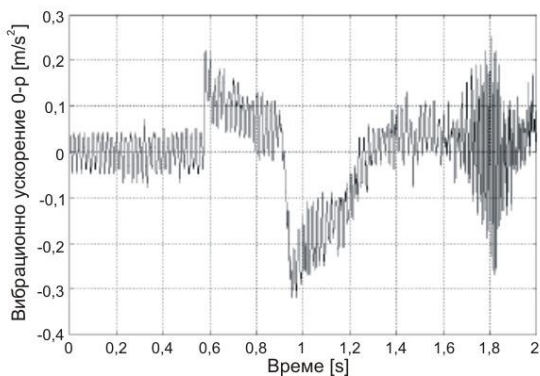
В потвърждение на тези данни са и проучванията на Keturakis и Juodeikeiene (2007) върху грапавината на фрезованата повърхност. Авторите установяват, че с увеличаване скоростта на подаване се увеличават и вибрациите, което води до влошаване на качеството на обработените повърхнини.

## 2.4. ПРИЧИНИ, ПРОИЗТИЧАЩИ ОТ ДЪРВЕСНИЯ ВИД

Върху процеса на рязане и произтичащите от това вибрации от една страна влияние оказват дървесния вид, с характерните за него свойства – плътност, наличие на ясно обособени зони с ранна и късна дървесина, наличие на недостатъци в дървесината, а от друга страна са нехомогенните, анизотропни свойства на дър-



Фигура 2а. Виброграма, при  $n = 15\,000\text{ min}^{-1}$   
Дървесен вид – Дъб

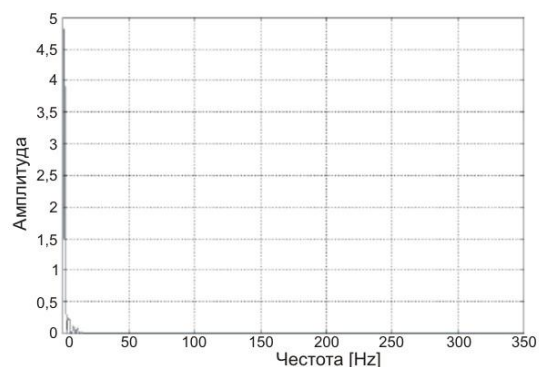


Фигура 3а. Виброграма, при  $n = 15\,000\text{ min}^{-1}$   
Дървесен вид – Ела

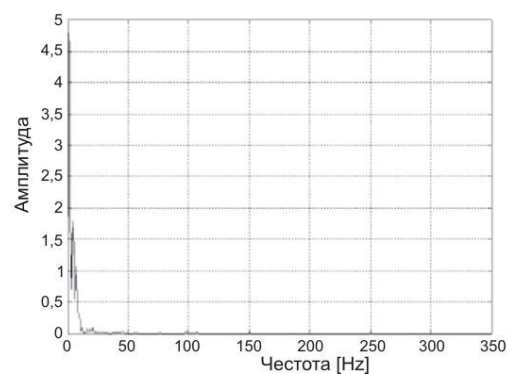
При обработването на детайлите от букова дървесина се установява постоянна амплитуда на вибрациите, което се

весината, в трите отделни взаимно перпендикулярни направления.

В едно от своите проучвания Lustun и Lucasi (2010) изследват влиянието на различни дървесни видове (дъб, бук и ела) върху вибрационното поведение на CNC дървообработваща машина. Те установяват, че при обработването на дъб и ела вибрациите се променят, което те обясняват с наличието на ранна и късна дървесина (фиг. 2а – 2б, фиг. 3а – 3б).

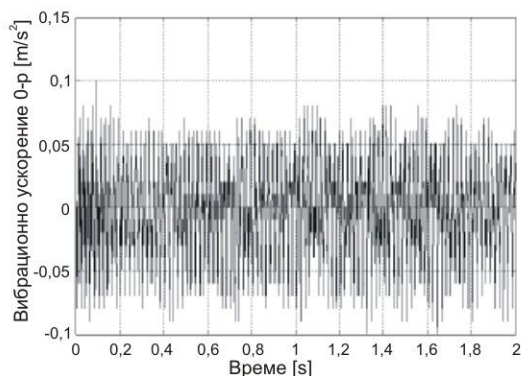


Фигура 2б. Амплитудно-честотен спектър, при  $n = 15\,000\text{ min}^{-1}$  Дървесен вид – Дъб

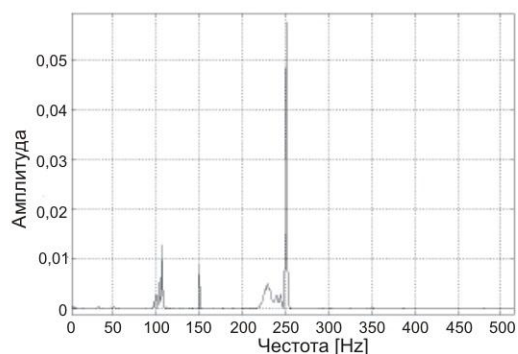


Фигура 3б. Амплитудно-честотен спектър, при  $n = 15\,000\text{ min}^{-1}$  Дървесен вид – Ела

обяснява с хомогенната структура на този дървесен вид (фиг. 4а).



Фигура 4а. Виброграма, при  $n = 15\,000\text{ min}^{-1}$   
Дървесен вид – Бук



Фигура 4б. Амплитудно-честотен спектър,  
при  $n = 15\,000\text{ min}^{-1}$  Дървесен вид – Бук

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на направеното проучване може да се направи заключението, че възникващите във фрезовите машини вибрации могат да бъдат породени от различни фактори, обединени в следните групи: произтичащи от фрезовата машина, от режещия инструмент, от режима на рязане и от обработвания материал.

Предвид наличието на въртящи се елементи в конструкцията на фрезовата машина и взаимодействието помежду им, те могат да бъдат разглеждани като основен източник за възникване на вибрации. Едновременно с това, обаче, не трябва да се подценяват и другите възможни причини за възникването на вибрации при процесите на фрезоване.

Локализирането на основните причини за повишени вибрации на една фрезова машина и съвременното им отстраняване (балансиране на въртящи елементи, смяна на дефектирала лагери, ремъчни предавки и др.) са предпоставка за надеждната и ефективна работа на машината и удължаване на нейния живот.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. БДС 11664–73. 1975. Машини дървообработващи. Методи за изпитване на вибрации.
2. БДС ISO 10816–1. 2002. Вибрации. Оценка на вибрациите на машини чрез измерването им на невъртящи се части. Част 1: Общи указания. ДАСМ.
3. Вуков Г., 2011.. Издателство „Авангард Прима“, Трептения на материална точка В: Теоретична механика: София, 132 – 143.
4. Динков Б., Чешмеджиев А., Брезин В., Илкова Н. 1990. Изследване на вибрационните характеристики на агрегатни дървообработващи машини. ВЛТИ Научни трудове, том XXXIII, 167–171.
5. Филипов Г., Обрешков П., Годоров Д., Чешмеджиев А., Велков С., Гъркова С. 1979 г. Методи и средства за измерване на вибрациите. В: Намаляване на шума и вибрациите при дървообработващите машини. Държавно Издателство „Техника“, София, 141– 159.
6. Iskra P., Tanaka C., Ohtani T. 2000. Energy balance of the orthogonal cutting process. Holz als Roh- und Werkstoff, 63: 358–364.
7. Keturakis G., Juodeikeiene I. 2007. Investigation of milled wood surface roughness. Materials Science, 13(1): 47–51.
8. Lustun L.M, Lucaci C. 2010. The influence of wood structure upon the dynamic stability of HSM CNC woodworking machine. Analele Universității din Oradea, Fascicula: Protecția Mediului, Vol. XV, 477–484.

## CONDITIONS FOR OCCURRENCE OF VIBRATIONS IN WOOD MILLING MACHINES

**Pavlin Vitchev**

**University of Forestry – Sofia, e-mail: p\_vitchev@abv.bg**

### **ABSTRACT**

The work of each machine is inevitably accompanied by the occurrence of vibrations which have adverse effects in many directions. Vibrations are among the main factors influencing woodworking machines' effectiveness, cutting tools durability and the quality of the processed surface.

In this review the main terms characterizing the oscillations are presented. The principal conditions for vibrations generation based on cutting system of the machine, cutting tools, cutting regime and the processed material, are also covered.

**Key words:** vibrations, milling machines, surface quality