

ПОВИШАВАНЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТТА НА ЦИРКУЛЯРНИТЕ МАШИНИ ЧРЕЗ ОГРАНИЧАВАНЕ НА НЯКОИ ОПАСНИ РЕЖИМИ НА РАБОТА

Георги Вуков
Лесотехнически университет, София

Резюме

Предлаганата работа включва изследване на някои възможности за повишаване на работоспособността на циркулярните машини. Обосновава се важноста от изследване на опасните режими на работа, свързани с възникване на ударни натоварвания. Извеждат се важни аналитични зависимости. С тях се анализират неблагоприятните процеси, нарушаващи работоспособността на разглежданите машини. Предлага се последователност от действия, с които може да се изследва вероятността за възникване на ударни натоварвания. Заедно с това става възможно да се дефинират обосновани препоръки за избягване на такива процеси. Прави се изводът за важноста от предварително изследване на работата на циркулярната машина със съвременни средства. Така може да се ограничат опасните режими, водещи до нарушаване на работоспособността. По този начин се повишава ефективността на работата на циркулярните машини и качеството на продукцията.

Ключови думи: циркулярни машини, ефективност, режим на работа.

Key words: circular saws, effectiveness, work regime.

JEL: C63, L73.

Увод

Нарастващите изисквания към качеството на обработка на изделията и ефективността на работата на циркулярните машини водят до необходимостта от оптимизиране на тяхната работа. Налагат се подробни и задълбочени изследвания на работата на отделните им механизми. Друга, и то особено актуална, насока в провежданите изследвания е тази, свързана със съгласуваността в работата между отделните механизми. За конструкцията на всеки от механизмите на циркулярните машини е характерна определена специфика. Това съществено затруднява тяхното изучаване и прави задачата за изследване на съгласуваността в работата между тези механизми особено трудна. Подобни изследвания се благоприятстват от съвременното състояние и бързото развитие на методиката, техническите системи и приложните програмни продукти за моделиране и симулация на работата на динамични системи [1, 10, 11, 12]. Налице е обективна предпоставка за провеждане на такива изследвания, но затова е необходимо предварително теоретично изследване, което да формира тяхната база. Очакван резултат от провеждането на разглежданите изследвания е осигуряването на необходимото ниво на техническото състояние и работоспособността на циркулярната машина [2].

Става ясна необходимостта от идентификация, точно позициониране и прогнозиране на тенденциите в развитието на протичащите процеси в работата на циркулярните машини. При възникване на неблагоприятни процеси или отклонения в работата на отделните механизми е необходимо да се предприемат навременни

мерки, с които да се сведат до минимум аварийните и неефективни режими на работа. Така всички разходи за обслужване и за ремонт на циркулярната машина се ограничават. В резултат на оптимизирането на технологичния цикъл се гарантира минимизиране на неизползваемия престой на циркулярните машини. Заедно с това се осигурява и необходимото ниво на точност и качество на произвежданата продукция. Логично следствие от това е намаляването на всички разходи, свързани с необходимостта за изваждане от продукцията и бракуване на негодни и неотговарящи на стандартите изделия. Едновременно с това става възможно и удовлетворяването на високите изисквания, които се налагат към нивото на шума и вибрациите в мебелното и дървообработващото производство в последно време. Допълнителна възможност е данните от провежданото изследване да се използват и като основа за анализ на конструкцията при изграждането на нови циркулярни машини, както и при реконструкцията и модернизацията на съществуващи такива машини [5].

Естеството на работата на циркулярните машините е свързано с пораждането на различни видове въздействия, които натоварват както отделните им възли, така и машината като цяло. Формират се различни натоварвания, част от които са постоянни, а други – променливи във времето. Съвременната инженерна практика показва, че основен интерес представляват променливите натоварвания. Те в най-голяма степен оказват влияние на техническото състояние и работоспособността на циркулярните машини. Оказва се, че в това отношение характеристиките за работата на разглежданите машини

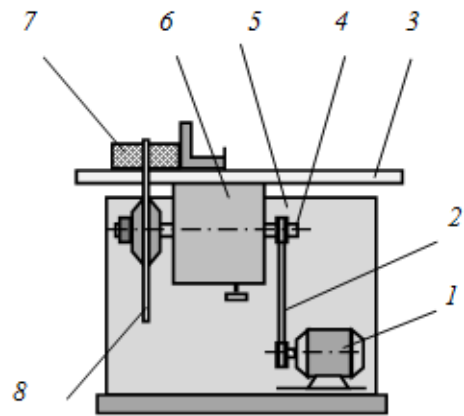
ударни натоварвания са обект на особено внимание. Ударните натоварвания имат една основна характеристика – за много кратък интервал от време скоростите (линейни и ъглови) на отделните елементи на машината претърпяват крайни промени, като се изменят скокообразно. Заедно с това се генерират много големи сили и моменти [8]. Навременното диагностиране и последващо овладяване е гаранция за това, че тези натоварвания няма да предизвикат повреди и разрушаване на отделни възли или на цялата машина. Предварителните проучвания показват определени възможности такива натоварвания да възникнат при несъвместимост между основните фактори, определящи работния процес. Като такива се определят параметрите на машината, режимите на работата ѝ, характеристиките на обработвания материал и др. [4].

Целта на тази работа е на основата на изведени и внимателно анализирани аналитични зависимости за ударните натоварвания в отделните механизми да се формират обосновани препоръки за избягване на нежелани процеси в циркулярните машини. В резултат на проведеното изследване може да се предвидят мерки за оптимизиране на режимите на работа на циркулярните машини. Отчитат се характеристиките и параметрите на обработвания материал, конкретната конструкция на машината и режимите на нейната работа. Основната насоченост е към повишаване на качеството на обработка на изделията и ефективността на работата на разглежданите машини.

На фиг. 1 е показан общият вид, а на фиг. 2 е дадена обобщена схема на една от най-често използваните в практиката конструкции на циркулярни машини. На втората фигура са представени и въведените означения.



Фиг. 1. Общ вид на циркулярна машина



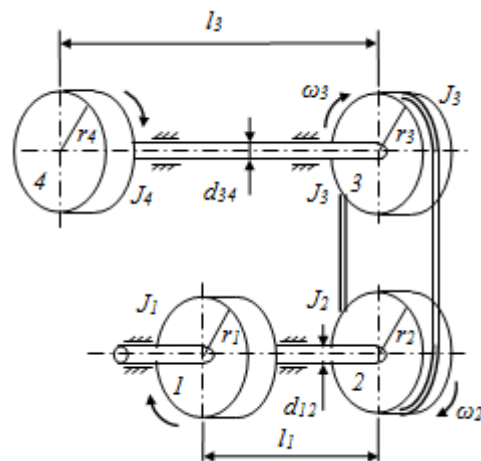
Фиг. 2. Схема на циркулярна машина

Легенда: 1 – двигател, 2 – ремъчна предавка, 3 – работна маса, 4 – основен вал, 5 – тяло на машината, 6 – супорт, 7 – обработван материал, 8 – циркулярен трион

Динамичен модел

При изследване на динамичните процеси в такива конструкции на циркулярни машини се използва разработен конкретен динамичен модел.

Той включва основните елементи на режещия механизъм – задвижващ електродвигател, ремъчна предавка и режещ инструмент. На фиг. 3 е показан разработения модел и са дадени необходимите означения.



Фиг. 3. Динамичен модел

Легенда: 1 – ротор на двигателя, 2 и 3 – ремъчни шайби, 4 – режещ инструмент

Роторът на електродвигателя 1 има масов инерционен момент спрямо оста на въртене J_1 . Ремъчната шайба 2 е монтирана към вала на електродвигателя. Диаметърът на този вал е d_{12} . Ремъчната шайба 2 има радиус r_2 и масов инерционен момент J_2 . Другата ремъчна шайба 3 от предавката е монтирана към основния вал, чийто диаметър е d_{34} . Радиусът на тази шайба е r_3 ,

а масовият ѝ инерционен момент – J_3 . Режещият инструмент 4 има масов инерционен момент спрямо оста на въртене J_4 , а радиусът му е r_4 .

Предлаганото изследване е продължение на предишни такива [3, 6], в които се анализира един от най-опасните за конструкцията на циркулярната машина случай – случаят, водещ до явлението „удар“. В практиката този случай възниква внезапно по време на работата на циркулярната машина. В резултат на несъгласуваност между параметрите на машината, режимите на работа и параметрите на обработвания материал, се стига до внезапно спиране на режещия инструмент. При това възникват ударни сили и моменти, а те от своя страна пораждат големи напрежения и деформации в елементите на конструкцията. Нерядко това води до разрушаване на отделни елементи на машината, а понякога и до сериозни аварии в цялата машина. За избягване пораждането на ударни сили и моменти е необходимо да се предприемат мерки за недопускане на внезапно спиране на режещия инструмент. Именно това налага внимателно проучване и анализ на тази възможна ситуация.

Методика и резултати от изследванията

С помощта на разработения конкретен динамичен модел са проведени изследвания и е дефинирана зависимост за определяне на скоростта на подаване на обработвания материал V_M , която е предпоставка за формиране на ударно натоварване [3]. Тази зависимост има вида

$$V_M = \left(\frac{J_{21} \cdot r_3}{r_2} + \frac{J_{34} \cdot r_2}{r_3} \right) \cdot (\cos \alpha + k_0 \cdot \sin \alpha) \frac{\omega_{20}}{M \cdot r_4}, \quad (1)$$

където:

J_{21} е масовият инерционен момент на ротора на електродвигателя заедно с ремъчната шайба 2 (тука еластичността на вала на електродвигателя се пренебрегва, защото той е къс и много твърд в сравнение с ремъчната предавка);

J_{34} – масовият инерционен момент на ремъчната шайба 3 заедно с основния вал и режещия инструмент 4;

ω_{20} – ъгловата скорост на шайба 2 преди удара;

M – масата на обработвания материал;

α – кинематичният ъгъл на срещането;

k_0 – коефициентът, зависещ от вида и състоянието на режещия инструмент. Например при остри циркулярни триони се приема $k_0=0,5$, а при силно затъпени – $k_0=2$.

Зависимостта (1) позволява да се проследи влиянието главно на масово-инерционните

свойства на елементите на машината и на режимите ѝ на работа при формиране на разглежданите натоварвания. Става ясно, че за ефективната работа на циркулярните машини е необходимо да се съгласува работата на отделните им механизми. От особена важност е да се определи такава скорост на подаване, която позволява пълно използване на възможностите на машината, като едновременно ограничава възможността за настъпване на неблагоприятни процеси и явления. При избора на скоростта на подаване на циркулярните машини се отчитат немалък брой технологични фактори. Основните от тях са: напреженост на зъбната пазва, мощност на двигателя за рязане, грапавост на обработените повърхности. За определящ от тези технологични фактори най-често се приема мощността на двигателя за рязане. Във връзка с това в литературата [7, 9] за определяне на скоростта на подаване се препоръчва формулата

$$V = \frac{N - a_p \cdot p \cdot s \cdot n \cdot z}{H_M \sin \alpha + k \cdot b + a_{\Delta} \cdot H_M}, \quad \left[\frac{m}{s} \right], \quad (2)$$

където:

N е мощността на двигателя във [W];

a_p – коефициентът, отчитащ затъпяването на триона;

s – дебелината на триона в [m];

n – броят обороти на триона за една секунда [s^{-1}];

z – броят на зъбите на триона;

b – ширината на ряза в [m];

a_{Δ} – коефициентът, отчитащ триенето по стените на ряза;

α – кинематичният ъгъл на срещането;

k – фиктивната специфична сила по предната страна на резеца $\left[\frac{N}{m^2} \right]$;

p – фиктивната специфична сила по задната страна на резеца $\left[\frac{N}{m^2} \right]$;

H_M – височината на ряза, която се определя от дебелината на обработвания материал.

От горната зависимост става ясно, че скоростта на подаване е функция на височина на ряза на обработвания материал.

Задълбоченото изследване на възможността за настъпване на явлението „удар“ налага необходимостта скоростта на подаване, определена с горната формула, да се съпостави с ударната скорост, определена чрез израза (1). Ако десните страни на (1) и (2) се приравнят се получава

$$\frac{N}{H_M} - \frac{a_p \cdot p \cdot s \cdot n \cdot z}{k \cdot b + a_{\Delta} \cdot H_M} = \left(\frac{J_{21} \cdot r_3}{r_2} + \frac{J_{34} \cdot r_2}{r_3} \right) \cdot (\cos \alpha + k \cdot \sin \alpha) \frac{\omega_{20}}{M \cdot r_4} \quad (3)$$

Полученото равенство предоставя допълнителни възможности за изследване на разглежданите неблагоприятни процеси. Може да се проследи и анализира влиянието на редица основни и второстепенни фактори, връзката между които е отразена в това равенство. Определен интерес представлява изучаването на влиянието на дебелината на обработвания материал върху разглежданите неблагоприятни процеси. За дадена машина с известни параметри и режим на работа скоростта на подаване на обработвания материал V_M , която е предпоставка за формиране на ударно натоварване, може да се пресметне с уравнение (1). Така за дадената конкретна ситуация дясната страна на уравнение (3) приема определена стойност. Уместно е да се направи полагането

$$\frac{a_p \cdot p \cdot s \cdot n \cdot z}{\sin \alpha} = A \quad (4)$$

Тогава равенство (3) приема вида

$$\frac{N}{k \cdot b + a_{\Delta} \cdot H_M} - A = V_M \quad (5)$$

Уравнение (5) може да се представи във вида

$$a_{\Delta} \cdot V_M \cdot H_M^2 + (A + k \cdot b \cdot V_M) H_M - N = 0 \quad (6)$$

От полученото уравнение се намира стойността на дебелината на обработвания материал, която е предпоставка за възникване на ударни явления при работа на циркулярната машина. Тази стойност е

$$H_M = \frac{\sqrt{(A + k \cdot b \cdot V_M)^2 + 4 a_{\Delta} \cdot V_M \cdot N} - A - k \cdot b \cdot V_M}{2 a_{\Delta} \cdot V_M} \quad (7)$$

Изведеното уравнение (7) освен, че позволява намирането на търсения геометричен параметър на обработвания материал, дава възможност и за обоснован анализ на основните фактори, касаещи разглежданите процеси. Анализирването на полученото уравнение показва на първо място пряката зависимост между дебелината на обработвания материал H_M и скоростта на подаване на обработвания материал V_M , която се определя като предпоставка за формиране на ударно натоварване. На второ място трябва да се отбележи осезаемото присъствие в

уравнението, а следователно и важноста на a_{Δ} – коефициентът, зависещ от триенето по стениците на ряза. Налага се изводът за важноста на задълбоченото изследване на процесите, свързани с триенето между режещия инструмент и обработвания материал. При това е важно да се отчетат конкретните характеристики и параметри и на използвания режещ инструмент и на обработвания материал. Мощността на задвижващия електродвигател N очевидно също е съществен фактор, оказващ влияние за формиране на ударно натоварване.

В резултат на анализирването на получените зависимости може да се предложи обоснована последователност от действия, с които да се изследва опасността от генериране на ударни натоварвания.

Първата стъпка е да се пресметне скоростта на подаване на обработвания материал V_M , при която може да се формира ударно натоварване. За целта се използва уравнение (1). Получената стойност се съпоставя с работните скорости и се прави преценка за опасността от настъпване на нежелани процеси.

Втората стъпка е пресмятане на стойността на дебелината на обработвания материал, която е предпоставка за възникване на ударни явления при работа на циркулярната машина. Тази стойност се намира с равенство (7).

Ако в резултат на направените пресмятания се окаже, че са налице условия за възникване на ударни натоварвания, става наложително да се вземат съответни мерки. Въвеждането на такива мерки предполага пак използването на изведените зависимости, защото те предоставят възможност за оценка на степента на влияние при изменението на всеки от отделните определящи фактори.

Предложената стратегия за изследване на предпоставките за възникване на ударни явления при работа на циркулярните машини успешно може да се развие в компютърен симулационен модел за разширени числени изследвания. С негова помощ става възможно изучаването на разглежданите явления при конкретни конструкции за голям брой работни условия и режими на работа. Особено голямо предимство е разширяването на възможностите и перспективите за изучаване на важни, но трудни за непосредствено наблюдение и изследване режими на работа, заедно с протичащите динамични процеси. Предпоставка за всичко това е бързото развитие на съвременните средства за компютърно моделиране и анализ на сложни динамични системи. Именно такива сложни динамични системи представляват съвременните циркулярни машини.

На основата на получените резултати може да се проведе оптимизационно изследване на режимите на работа на циркулярната машина с цел избягване на режими с възможни ударни натоварвания. Предпоставка за това е наличната връзка между характеристиките и параметрите на обработвания материал, тези на конкретната конструкция на машината и режимите на работа на тази машина. Всичко това има пряка насоченост към повишаване на ефективността на работата на циркулярните машини.

Изводи и препоръки

Получените зависимости може да се използват при формиране на мерки за повишаване на качеството на обработка на изделията и ефективността на работата на циркулярните машини. Тези зависимости ясно показват необходимостта от ограничаване на опасните режими на работа, свързани с възникване на ударни натоварвания. Става ясно, че е наложително да се изследват случаите на несъгласуваност между основните фактори, определящи работния процес. Като такива фактори се дефинират параметрите на машината, режимите на работата ѝ, характеристиките на обработвания материал. Налага се изводът за необходимостта от задълбочено изследване на работоспособността на циркулярната машина и то с помощта на съвременните средства за компютърно моделиране и анализ на сложни динамични системи.

Заклучение

Резултатите от изследването са в пряка връзка с възможността за оптимизиране на режимите на работа на циркулярните машини. Именно оптимизирането на режимите на работа е една от основните предпоставки за повишаване на качеството на обработка на изделията и ефективността на работата на изследваните машини.

Литература

1. Бачев, В., Николов, В., Ангелов, И. *Механо-математично матрично моделиране в пространството на свободните затихващи трептения на силов агрегат с ДВГ на стенд*. сп. Механика на машините. 2012. 2. с. 33-37.
2. Вуков, Г., Георгиева, Д. *Приложение на съвременните методи за диагностика за повишаване на ефективността, икономичността и надеждността на оборудването в дървообработващото и мебелното производство*. сп. Управление и устойчиво развитие. 2008. 1 (19). с. 245-249.
3. Вуков, Г. *Повишаване на ефективността на работата на машините в горската промишленост чрез ограничаване на някои опасни режими на работа*. XV Международна научна конференция „Управление и устойчиво развитие“ Юндола, 2013.
4. Генчев, Г., Обрешков, П. *Проектиране и изпитване на дървообработващите машини*. София. 1998. с. 217-218.
5. Георгиева, Д., Дичев, П. *Икономическа ефективност на съвременните технически системи за контрол на работата на оборудването в дърводобивната и дървообработващата промишленост*. Сборник научни трудове XX международна научна конференция за млади учени. София. 2011. с. 63-66.
6. Маринов, Б., Вуков, Г. *Възникване на импулсни натоварвания в някои класове циркулярни машини*. сп. Механика на машините. 2004. 2 (51). с. 54-59.
7. Обрешков, П. *Дърворежещи машини*. София. 1996. с. 9-10.
8. Писарев, А. и др. *Теоретична механика*. Техника. София. 1988.
9. Филипов, Г. *Дървообработващи машини*, Земиздат. София. 1977. с. 172-173.
10. Amirouche, F. *Fundamentals of Multibody Dynamics – Theory and Applications*. Birkhäuser. Boston. 2006.
11. Eidukevicite, M. *Investigation of Uncertainty in Vibromonitoring of Rotating Systems Transient Models*. JVE. 2008. 4 (10).
12. Nikolov, V. *Mechanical mathematical modeling of the tilting process of lifting masts of forklift trucks with load*. Journal of the Technical University at Plovdiv “Fundamental Sciences and Applications”. 2013. 19.

RAISING OF THE SERVICEABILITY OF THE CIRCULAR SAWS BY LIMITING OF CERTAIN DANGEROUS WORK REGIMES

Georgi Vukov
University of Forestry, Sofia, Bulgaria

Abstract

The presented work includes an investigation of some opportunities for improving the serviceability of the circular saws. The importance of the study of dangerous work regimes, associated with the occurrence of impact loads, is upheld in this investigation. Some important analytical relationships are derived. The negative processes, which disturb the serviceability of investigated machines, are analyzed by these analytical relationships. A succession of actions is proposed. It can be used to study the probability of rise of impact loads. Along with this, based recommendations for prevention from such practices can be defined. A conclusion of the importance of advance study of the work of the circular machine with modern methods is made. Thus the dangerous regimes, leading to the loss of serviceability, can be limited. In this way the circular saws' effectiveness of the work and the product quality are increased.