

ПОВИШАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА РАБОТАТА НА МАШИНИТЕ В ГОРСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ ЧРЕЗ ОГРАНИЧАВАНЕ НА НЯКОИ ОПАСНИ РЕЖИМИ НА РАБОТА

Георги Вуков
Лесотехнически университет, София

Резюме

В предлаганото изследване се разглеждат някои възможности за повишаване на ефективността на работата на машините в горската промишленост. Акцентира се върху необходимостта от ограничаване на опасните режими на работа, свързани с възникване на ударни натоварвания. Анализират се аналитични зависимости, описващи най-неблагоприятните процеси в тези механизми. Формират се обосновани препоръки за избягване на такива процеси. Едновременно с това става възможно да се открият възникнали отклонения в параметрите и да се вземат навреме необходимите мерки. Всичко това е свързано с намаляване на разходите за престой, за обслужване и за ремонт. Прави се изводът за необходимостта от предварително изследване на работния процес със съвременни средства. По този начин може да се ограничат опасните режими на работа и така да се повиши ефективността на работата на цялата машина.

Ключови думи: ефективност на оборудването, горска промишленост, режим на работа.

Key words: effectiveness of the equipment, wood industry, work regime.

JEL: Q23.

Повишаването на ефективността на работата на машините в горската промишленост задължително се свързва с оптимизиране, от една страна, на работата на техните механизми, а от друга – на съгласуваността между тези механизми. Спецификата на конструкцията на отделните механизми и високите изисквания към работата на всеки от тях налага тяхното задълбочено и детайлно изследване [4, 10]. Съвременното състояние и бързото развитие на методиката, техническите системи и приложните програмни продукти за моделиране и симулация на работата на динамични системи е обективна предпоставка за провеждане на такива изследвания. Естествен резултат от тези изследвания е осигуряването на високо ниво на техническото състояние и работоспособността по време на целия жизнен цикъл както на отделния механизъм, така и на цялата машина [1, 3, 6].

Идентификацията, проследяването и прогнозирането на тенденциите в развитието на възникналите неблагоприятни процеси и отклонения в работата на механизмите дават възможност, от една страна, да се сведат до минимум разходите за обслужване и за ремонт, а от друга страна – технологичният цикъл да се оптимизира. Оптимизирането на технологичния цикъл гарантира минимизиране на неизползваемия престой на машините, както и повишаване на точността и качеството на готовата продукция. Като следствие се намаляват разходите от брак на негодни и неотговарящи на стандартите изделия. Заедно с това става възможно и удовлетворяването на все по-високите изисквания, наложени към нивото на шума и вибрациите в

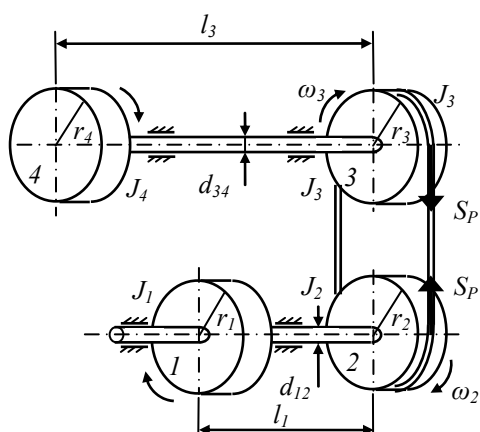
мебелното и дървообработващото производство в последно време. Анализът на данните от провежданото изследване може да се използва и като основа при изграждането на нови машини, както и при реконструкцията и модернизацията на съществуващи машини, защото показва техните слаби и лесно уязвими възли и елементи [5, 12, 13].

При работата на машините в горската промишленост възникват различни видове въздействия, които натоварват както отделните им възли, така и машината като цяло. Тези натоварвания могат да бъдат постоянни или променливи във времето. За инженерната практика определен интерес представляват променливите натоварвания, защото те в най-голяма степен влияят на техническото състояние и работоспособността на машината. В това отношение характерните за работата на разглежданите машини ударни натоварвания са обект на особено внимание [2, 11]. За ударните натоварвания е характерно това, че за много кратък интервал от време скоростите (линейни и ъглови) на отделните елементи на машината претърпяват крайни промени, като се изменят скокообразно. При това явление се генерират много големи сили и моменти. Ако не бъдат диагностирани навреме и овладени, тези натоварвания могат да предизвикат повреди и разрушаване на отделни възли, а понякога и на цялата машина. Проведените проучвания показват, че такива натоварвания могат да възникнат, когато има несъгласуваност между основните фактори, определящи работния процес – параметрите на машина-

та, режимите на работата ѝ, характеристиките на обработвания материал и др. [8].

Целта на предлаганата работа е на базата на изведени аналитични зависимости за ударните натоварвания в механизмите да се формират обосновани препоръки за избягване на нежелани процеси в машините в горската промишленост. Проведеното изследване пряко може да се свърже с оптимизиране на режимите на работа в зависимост от характеристиките и параметрите на обработвания материал при отчитане на конкретната конструкция на машината. Това е предпоставка за повишаване на ефективността на работата на разглежданите машини.

Изследването на динамични процеси в най-често използваните конструкции на машините в горската промишленост може да стане с помощта на динамичен модел, който включва основните елементи на тези машини – задвижващ електродвигател, ремъчна предавка и режещ инструмент. Моделът със съответните означения е показан на фиг. 1.



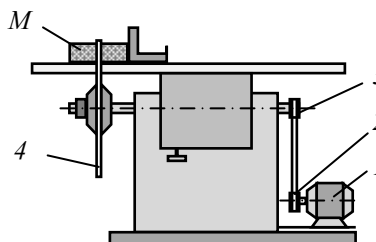
Фиг. 1. Динамичен модел

С 1 е означен роторът на електродвигателя. Неговият масов инерционен момент спрямо оста на въртене е J_1 . 2 е ремъчната шайба, 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 е означен с 4. Неговият масов инерционен момент спрямо оста на въртене е J_4 , радиусът му е r_4 .

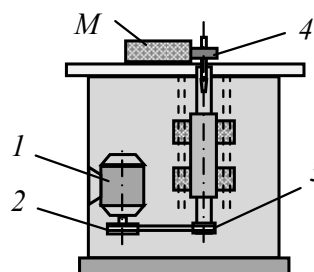
Представеният модел с успех може да се използва при изследване на динамичните процеси в голям брой конструкции на машини в горската промишленост. Към този модел се свеждат редица конструкции на циркулярни машини. Схе-

мата на циркулярна машина е показана на фиг. 2.

Моделът е приложим и за някои фрезови машини. Схема на такава машина е дадена на фиг. 3. На фиг. 2 и фиг. 3 означенията съответстват на тези от фиг. 1, а обработвания материал е означен с M .



Фиг. 2. Циркулярна машина

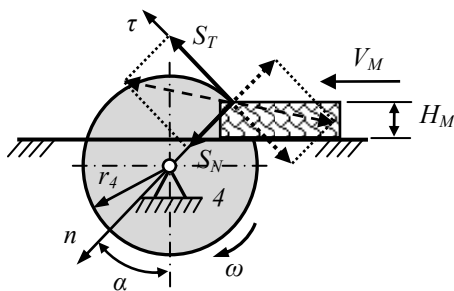


Фиг. 3. Фрезова машина

При изследването се анализира един от най-опасните за конструкцията на машината случай, който може да възникне по време на работа. Това е случаят, водещ до явлението „удар“ – в резултат на несъгласуваност между параметрите (скорост на подаване, мощност на задвижващия електродвигател, характеристики на обработвания материал и др.) се стига до внезапно спиране на режещия инструмент. Възникналите при това ударни сили и моменти поражда големи напрежения в елементите на конструкцията, което може да доведе до тяхното разрушаване.

На фиг. 4 е показано схематично взаимодействието между режещия инструмент (циркулярен трион или фрезер) и обработвания материал при внезапно спиране. Върху обработвания материал и върху режещия инструмент се генерират правопротивоположни ударни натоварвания. За практиката е важно да се определят техните тангенциални и нормални компоненти. На фигурата за режещия инструмент те са показани с пълтни линии и са означени съответно с S_T и S_N . Нормалната компонента води до значително радиално натоварване на самия инструмент и на основния вал, а следователно и на неговите опорни лагери. Тангенциалната

компонента поражда усукващ момент. Този момент натоварва цялата конструкция. Понеже основният вал е сравнително къс и „твърд“, полученото натоварване се предава изцяло към елементите на ремъчната предавка. Върху ремъчните шайби 3 и 2 от предавката се получават правопротивоположни ударни импулси S_P – те са показани на фиг. 1.



Фиг. 4. Ударни натоварвания

За ремъчната шайба 3 е в сила равенството

$$J_{34}(\omega_3 - \omega_{30}) = S_P \cdot r_3 - S_T \cdot r_4, \quad (1)$$

където

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

ω_{30} и ω_3 – ъгловите скорости на тази шайба преди и след удара.

По аналогия за ремъчната шайба 2 е в сила равенството

$$J_{21}(\omega_2 - \omega_{20}) = -S_P \cdot r_2 - M_P, \quad (2)$$

където

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

ω_{20} и ω_2 – ъгловите скорости на тази шайба преди и след удара;

M_P – моментът от ротора на електродвигателя.

При внезапното спиране ъгловите скорости на дисковете стават равни на нула, т. е. $\omega_2 = \omega_3 = 0$ и $M_P = 0$. Тогава уравнения (1) и (2) приемат съответно вида

$$J_{34} \cdot \omega_{30} = -S_P \cdot r_3 + S_T \cdot r_4, \quad (3)$$

$$J_{21} \cdot \omega_{20} = S_P \cdot r_2. \quad (4)$$

Ако от (4) се изрази S_P и се замести в (3), се намира

$$J_{34} \cdot \omega_{30} = -\frac{J_{21} \cdot \omega_{20}}{r_2} \cdot r_3 + S_T \cdot r_4. \quad (5)$$

Полученото равенство позволява да се изведе зависимост за определяне на тангенциалната сила S_T върху режещия инструмент при рязкото му спиране

$$S_T = \frac{J_{21} \cdot \omega_{20} \cdot r_3}{r_2 \cdot r_4} + \frac{J_{34} \cdot \omega_{30}}{r_4}. \quad (6)$$

За ремъчната предавка е в сила зависимостта

$$\omega_{20} \cdot r_2 = \omega_{30} \cdot r_3. \quad (7)$$

От зависимостта (7) се изразява ω_{30} и се замества в (6). Така за тангенциалната сила върху режещия инструмент S_T се получава

$$S_T = \left(\frac{J_{21} \cdot r_3}{r_2} + \frac{J_{34} \cdot r_2}{r_3} \right) \frac{\omega_{20}}{r_4}. \quad (8)$$

Определената тангенциална сила позволява намирането и на нормалната сила върху режещия инструмент. За целта се използва връзката

$$S_N = k \cdot S_T = k \cdot \left(\frac{J_{21} \cdot r_3}{r_2} + \frac{J_{34} \cdot r_2}{r_3} \right) \frac{\omega_{20}}{r_4}, \quad (9)$$

където k е коефициент, зависещ от вида и състоянието на режещия инструмент [6]. Например при остри циркулярни триони се приема $k=0,5$, а при силно затъпени – $k=2$.

Анализирането на изведените изрази (8) и (9) показва, че ударните натоварвания върху режещия инструмент нарастват правопротопорционално на честотата на въртене. Влиянието на масово-инерционните свойства на системата се отчита с израза в скобите, като ясно се вижда и значението на предавателното отношение на ремъчната предавка. Видът и състоянието на режещия инструмент също са важни – те са определящи за отношението на големините на тангенциалната и нормалната компонента на натоварването.

Както беше отбелязано и по-горе, ударното натоварване действа както върху режещия инструмент, така и върху обработвания материал. Изследването на поведението на обработвания материал става пак на базата на схемата от фиг. 4, но сега се разглеждат динамичните процеси, касаещи именно обработвания материал. Тези процеси се изследват, като се съставя основното уравнение на динамиката при удар между показаните две тела [9]. То има вида

$$M \cdot (V_M - V_P) = S_V, \quad (10)$$

където

M е масата на обработвания материал,
 V_M – скоростта на подаване на детайла преди удара,

V_P – скоростта на подаване на детайла след удара,
 S_V – сумата от проекциите на ударните натоварвания върху обработвания материал по направлението на подаване.

Като се отчете, че $V_P=0$, а S_T и S_N (на фиг. 4 компонентите, действащи върху обработвания материал, са показани с прекъсвана линия) се проектират по направлението на подаването, уравнение (10) приема вида

$$M.V_M = S_T \cdot \cos \alpha + S_N \cdot \sin \alpha . \quad (11)$$

Ако S_T и S_N , определени с изрази (8) и (9), се заместят с техните равни, за скоростта на подаване от (11) се получава

$$V_M = \left(\frac{J_{21} \cdot r_3}{r_2} + \frac{J_{34} \cdot r_2}{r_3} \right) (\cos \alpha + k \cdot \sin \alpha) \frac{\omega_{20}}{M \cdot r_4} . \quad (12)$$

Определената с уравнение (12) скорост на подаване на обработвания материал е предпоставка за формиране на ударно натоварване. Както стана ясно, възникналите при това значителни динамични напрежения могат да бъдат причина за повреди във възлите и детайлите на машината. Налага се внимателен анализ на получената зависимост. Може да се направят няколко важни извода, дадени по-долу.

- Изразът в първите скоби позволява да се проследи влиянието на масово-инерционните свойства на системата върху разглежданите процеси. С този израз се отчита и предавателното отношение на ремъчната предавка.
- Изразът във вторите скоби, макар и в неявен вид, обвързва геометричните параметри на обработвания материал и на машината с изследваните натоварвания. С въвеждането на подходящ коефициент се отчитат видът и състоянието на режещия инструмент.
- Величините след скобите показват пряката зависимост между честотата на въртене и скоростта на подаване, при която биха възникнали ударни натоварвания. Очевидно е и значението на масовите параметри на обработвания материал, както и на геометричните такива на режещия инструмент.

Предвид казаното дотук, получената зависимост може да се използва като основа за изготвяне на мерки за ограничаване на някои от опасните режими на работа на машината. Във формираната зависимост между честотата на въртене и скоростта на подаване, при която биха възникнали ударни натоварвания, са отчете-

ни както характеристиките и параметрите на обработвания материал, така и особеностите на конкретната конструкция на машината.

На основата на предложения подход може да се моделира и развие компютърен симулационен модел за разширено числено изследване, който да обхване конкретни конструкции и важни за практиката режими на работа. Допълнителна предпоставка за това е бързото развитие на съвременните средства за компютърно моделиране и анализ на сложни динамични системи, водещо до разширяване на възможностите и перспективите за изучаване на важни, но трудни за непосредствено наблюдение и изследване режими на работа.

Проведеното изследване пряко може да се свърже с оптимизиране на режимите на работа в зависимост от характеристиките и параметрите на обработвания материал при отчитане на конкретната конструкция на машината. Това е предпоставка за повишаване на ефективността на работата на разглежданите машини.

Изводи и препоръки

В предлаганата работа са разгледани някои възможности за повишаване на ефективността на работата на машините в горската промишленост. Формулирана е необходимостта от ограничаване на опасните режими на работа, свързани с възникване на ударни натоварвания. Проведените проучвания показват, че такива натоварвания могат да се появят, когато има несъгласуваност между основните фактори, определящи работния процес – параметрите на машината, режимите на работата ѝ, характеристиките на обработвания материал и др. Изведени и анализирани са аналитични зависимости, описващи процесите, пораждащи такива натоварвания. Прави се изводът за необходимостта от задълбочено изследване на работния процес със съвременни средства за компютърно моделиране и анализ на сложни динамични системи. По този начин изследването се свързва с оптимизирането на режимите на работа. Тези режими се поставят в непосредствена зависимост от характеристиките и параметрите на обработвания материал при отчитане на особеностите в конкретната конструкция на машината. Това е предпоставка за повишаване на ефективността на работата на разглежданите машини.

Литература

1. Атанасов, В. *Напрежения в банциговата лента на мобилни хоризонтални банцизи*. Иновации в горската промишленост и инженерния дизайн. 2. 2012. София. 82-87.
2. Вичев, П. *Условия за възникване на вибрации при машините за фрезование на дървесина*. Ино-

- вации в горската промишленост и инженерния дизайн. 1. 2012. София. 181-186.
3. Вуков, Г., Георгиева, Д. *Приложение на съвременните методи за диагностика за повишаване на ефективността, икономичността и надеждността на оборудването в дървообработващото и мебелното производство*. Управление и устойчиво развитие. 1(19). 2008. София. 245-249.
 4. Генчев, Г., Обрешков, П. *Проектиране и изпитване на дървообработващите машини*. София. 1998.
 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. 63-66.
 6. Георгиева, К., Ненова, Д. *Върху ефективността на моделирането на оборудването в мебелната промишленост и дървообработването*. Сборник научни трудове XXI международна научна конференция за млади учени. София. 2012. 175-182.
 7. Гочев, Ж. *Изследване върху заточването на циркулярни триони със стоманени зъби*. Иновации в горската промишленост и инженерния дизайн. 1. 2012. София. 156-166.
 8. Маринов, Б., Вуков, Г. *Възникване на импулсни натоварвания в някои класове циркулярни машини*. Механика на машините. 2(51). 2004. Варна. 54-59.
 9. Писарев, А. и др. *Теоретична механика*. Техника. София. 1988.
 10. Филипov, Г. *Дървообработващи машини*. Земиздат. София. 1977.
 11. Amirouche, F. *Fundamentals of Multibody Dynamics – Theory and Applications*. Birkhäuser. Boston. 2006.
 12. Eidukevicivte, M. *Investigation of Uncertainty in Vibromonitoring of Rotating Systems Transient Models*. JVE. 4(10). 2008.
 13. Kovachev, G., Gochev, Z. *Investigation of Oscillation in the Classical Wedge Belts in Woodworking Machines*. Proceedings of papers 8th International Science Conference “Chip and Chipless Woodworking Processes”. Zvolen. 2012. 371–378.

INCREASE IN THE EFFECTIVENESS OF THE MACHINES IN THE FORESTRY INDUSTRY BY LIMITING OF CERTAIN DANGEROUS WORK REGIMES

Georgi Vukov
University of Forestry, Sofia, Bulgaria

Abstract

Some possibilities for increase in the effectiveness of the work of machines in forestry industry are examined in the proposed study. Emphasis is placed on the need to limit the dangerous work regimes which raise shock loads. Analytical relationships describing the adverse process in these mechanisms are analyzed. Some based recommendations are formed to prevent such practices. In the same time it becomes possible to find out some derivations appeared in parameters and to take up necessary actions. All this concerns decreasing in expenditure for idle time, service and repair work. It is necessary to do a preliminary test of the work process by using modern equipment. In this way the dangerous work regimes can be optimized and it can lead to increase in the efficiency of the whole machine.