

## ДЪЛГОТРАЙНОСТ НА ДЪРВООБРАБОТВАЩИТЕ МАШИНИ И МЕТОДИ ЗА НЕЙНОТО ПОВИШАВАНЕ

Христо Михайлов, Нено Тричков

Лесотехнически университет – София, e-mail: h1sm@abv.bg; nenotr@abv.bg

### РЕЗЮМЕ

На базата на предишни теоретични и експериментални изследвания от авторите на този доклад е анализирана теоретично трайността (дълготрайността) на дървообработващите машини, като едно от свойствата на тяхната надеждност. Описан и обоснован за първи път е коефициентът на дълготрайност –  $\eta_T$  на дървообработващите машини през целия им жизнен цикъл. Коефициентът на дълготрайност на дървообработващите машини представлява безразмерна величина, винаги по-малка от единица. Този коефициент отчита фактически извършената работа от машината и времето, необходимо за ремонт и престои. Отношението  $\eta_T$  може широко да се използва при теоретичното изучаване на кинематиката и динамиката на различни конструкции механизми и механични системи в дървообработващите машини, при анализиране и работа с конструктивни решения за компоновка на такива машини. Показателите на свойството дълготрайност са: технически ресурс и експлоатационен срок.

Въз основа на това и от направения теоретичен анализ са предложени и обосновани специфични методи за повишаване на дълготрайността на дървообработващите машини, както и препоръки за тяхното прилагане. Тези методи могат да бъдат широко приложими при теоретичен анализ и изучаване на механичните системи на дървообработващите машини и дървообработващото оборудване..

**Ключови думи:** дълготрайност, дървообработващи машини, продукти, технически ресурси и жизнен цикъл.

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

В теорията на надеждност трайността (дълготрайността) се дефинира като свойство на машините, в това число и на дървообработващите машини, да запазват работоспособността си по време на целия им жизнен цикъл. С други думи през целия им срок на работа, до преминаването им в гранично състояние. В този срок се включват и прекъсванията за техническо обслужване и провеждане на планово-предопределени и ремонтно-възстановителни операции. Въз основа на анализ и теоретично изследване може да се използват подходящи методи за повишаване на надеждността и дълготрай-

ността на дървообработващите машини и оборудване [1]. Надеждността се определя чрез нейните свойства: безотказност, трайност, ремонтпригодност и съхраняемост. Показателите на свойството трайност (дълготрайност) са: технически ресурс (ресурс) и експлоатационен срок.

Трайността на дървообработващите машини се характеризира със способността им да изпълняват технологичните си функции с минимални разходи за замяна на износени детайли и механизми, пренастройване на механични системи, ремонт и профилактика [1]. За тези машини е особено характерно наличието на динамични натоварвания и ускорено износване

на техните детайли и възли. Замърсяването на триещите се повърхнини с отпадъци от обработването на дървесината (стружки, стърготини, прах от шлифване, абразивни частици и др.) засилва ефекта от износването и поради възникването на корозия. Този факт се задълбочава от често липсващите централизирано смазване и подходящи защитни устройства на триещите се повърхнини. За отстраняване на възникналите откази се изразходват голямо количество резервни части, допълнителни материали и време. Колкото по-ниски са сумарните разходи на време и средства за възстановяване на работоспособността на дървообработващата машина в течение на целия срок на експлоатация, толкова по-голяма е нейната трайност. Всеки оператор е заинтересован да има максимална производителност на системата, при съответните ѝ възможности и минимални текущи разходи.

Като показател за трайност (дълготрайност) на дървообработващите машини може да се използва, както и при другите видове машини, отношението на времето за фактически извършената работа към времето за престои и ремонт на машината [2, 3, 4]. Това отношение се нарича коефициент на трайност (дълготрайност) и се означава  $\eta_m$ .

$$\eta_m = \frac{T_p}{T_p + \sum_{i=1}^n \tau_{ni}}, \quad (1)$$

където:  $T_p$  е времето на работа на машината за целия период на експлоатация;

$\sum \tau_{ni}$  – сумарното време на престоите за ремонт, регулиране и пренастройване на дървообработващата машина поради настъпили откази, през целия период на експлоатация.

Коефициентът на трайност, винаги по-малък от единица  $\eta_m < 1$ , е безразмерна

величина. Колкото е по-голяма неговата стойност, толкова дървообработващата машина е по-дълготрайна [3]. Числено коефициентът на трайност изразява вероятността, че дървообработващата машина в даден, произволно избран интервал от време функционира нормално и не престоива за ремонт или планово - предопределени профилактични въздействия.

Например, ако  $\eta_m = 0,92$ , то през 92 % от цялото време на експлоатация машината работи, а през останалите 8 % престоива за ремонт. Вероятността, че дадената дървообработваща машина е изправна и работи ефективно в произволно подбран момент, а не се намира в ремонт, е равна на 0,92.

Престоите на машината, понижаващи нейната дълготрайност, се дължат на различни причини - излизане от строя на някои детайли, заяждане или разстройване на предавки и подаващи механизми, изменение на първоначалните характеристики на машината (точност, стабилност, производителност, рандеман, виброустойчивост и др.).

Понижаване на дълготрайността и надеждността се получава по причина на много фактори, сред тях и бавно протичащите процеси в динамичната система на дървообработващата машина [1], предизвикващи повреди и откази на отделните механизми, възли или машинни елементи.

Както е известно надеждността и дълготрайността не са идентични понятия. Те отразяват различни страни на едно явление. Дървообработващата машина може да бъде надеждна, но не дълготрайна. Това е характерно за случай, когато тя работи с висока степен на безотказност през зададен период от време, а след това става неработоспособна и излиза от строя. При това за възстановяване на

нейната работоспособност се изразходват много средства и време, т.е машината се характеризира с висок коефициент на надеждност  $P(t)$  и нисък коефициент на трайност  $\eta_m$ . Но машината може да бъде дълготрайна и същевременно ненадеждна. Това е характерно за случая, когато през зададен период от време тя работи с ниска степен на безотказност. Машината често се нуждае от допълнително настройване и ремонт, но времето за възстановяване на работоспособността ѝ е непродължително. Например то е необходимо за сравнително бърза и лесна замяна на износен детайл, със сравнително невисока стойност. Относително неголеми са и другите разходи за ремонт. В този случай дървообработващата машина се характеризира с малка вероятност за безотказна работа  $P(t)$  и висок коефициент на трайност  $\eta_m$ .

Показателите надеждност и трайност на дървообработващите машини са свързани със срока на работа  $T$  на техните възли и детайли. Допустимото гранично състояние  $U_{max}$  на дадена дървообработваща машина може да се изчисли в зависимост от понижаването на нейната работоспособност. Ако е известна случайната функция  $\gamma$ , която характеризира скоростта на износване, то срокът на работа се определя от отношението:

$$T = \frac{u_{max}}{\gamma}. \quad (2)$$

## 2. СЪЩНОСТ НА ПРОБЛЕМА.

За определяне на коефициента на трайност на дървообработващите машини по формула (1) е необходимо да се изясни зависимостта му от срока на работа на отделните детайли.

Времето за престой на даден детайл или възел, подложен на ремонт, е:

$$\tau_{ni} = \frac{T_p}{T_i} \cdot \tau_i, \quad (3)$$

където:  $T_i$  е срокът на работа (трайността) на  $i$ -тия детайл (възел) на машината;

$\tau_{ni}$  – времето (трудоемкостта) за ремонта на  $i$ -тия детайл (възел), в това число и за разглобяване, сглобяване и регулиране.

Отношението  $T_p/T_i$  показва колко пъти е правен ремонт на дадения детайл за времето на работа на машината през целия период на експлоатация –  $T_p$ .

За определянето на коефициента на трайност  $\eta_m$  е необходимо да се вземе онзи период от време, през който се проявяват всички видове спирания и престои, свързани с машината, т.е. той е подълъг от срока на работа  $T_p$  на който и да е неин елемент.

След като се замести  $\tau_{ni}$  във формула (1) за коефициента на трайност  $\eta_m$  се получава стойност, изразена чрез срока на работа и трудоемкостта на ремонтите, в единици за период от време:

$$\eta_m = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{\tau_i}{T_i}}. \quad (4)$$

При механичното обработване на дървесината, условията на работа на дървообработващите машини са твърде специфични и в повечето случаи - неблагоприятни. От особена важност е правилният избор на машините, инструментите и спомагателното оборудване. И най-малките отклонения от технологичните процеси и технологичните предписания, водят до нежелани резултати. Сложността на условията при които се осъществява процесът на рязане на дървесината изисква също много внимателен подход при определянето на режимите на рязане и избора на геометричните характеристики

на режещите инструменти. Всичко това оказва съществено влияние върху динамиката на процеса на рязане. Ето защо необходимо е в този случай да се създават условия и предпоставки за устойчиво състояние на динамичните системи на дървообработващите машини и поддържането му съответно при празен ход и в работни условия, независимо от външни въздействия, стационарни и преходни процеси. От формула (2) се вижда, че основен метод за повишаване на трайността на дървообработващата машина е чрез съкращаване на времето за ремонт и повишаване срока на работа на нейните детайли.

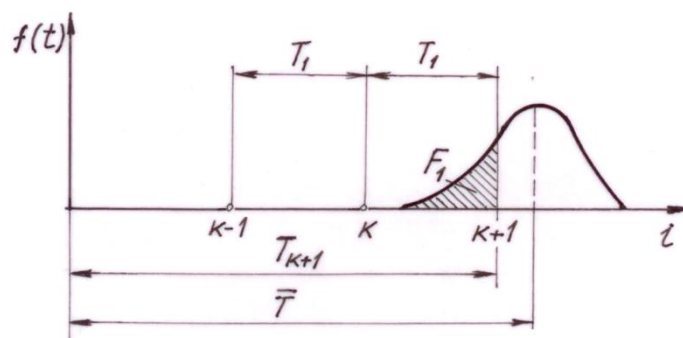
От същата формула се вижда също, че трайността на дървообработващата машина в случая зависи от сумата:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\tau_i}{T_i} = \frac{\tau_1}{T_1} + \frac{\tau_2}{T_2} + \frac{\tau_3}{T_3} \dots + \frac{\tau_n}{T_n} = z \quad (5)$$

Величината  $z$  определя относителните ремонтни загуби и е случайна величина, тъй като  $T$  и  $\tau$  също са случайни величини. Всяка от тях се характеризира с определено разсейване на стойностите. Основно влияние върху  $z$  оказва срокът

на работа  $T$ , тъй като  $\tau$  се изменя незначително. Съгласно една теорема от теорията на вероятностите Съгласно една теорема от теорията на вероятностите, математическото очакване на сумата от няколко случайни величини (както зависими, така и независими), е равно на сумата от техните собствени математически очаквания. Това означава, че за да се определи средната стойност на  $z$  е необходимо да се сумират средните стойности на всяко от слагаемите ( $\tau_i/T_i$ ).

Ако е необходимо да се оценят възможните изменения на големината на  $z$  и съответно на  $\eta_m$ , то следва да се определи дисперсията на  $z$  по дисперсията на слагаемите ( $\tau_i/T_i$ ). С достатъчна за изследването степен на точност може да се приеме, че слагаемите на сумата  $z$  са независими величини. Тогава дисперсията на величината  $z$  е равна на сумата от дисперсиите на нейните събираеми. Това предполага, че отклоненията на стойностите на  $z$  могат да бъдат в твърде широки граници.



Фиг. 1. Влияние на разсейването на експлоатационните срокове на детайлите върху възможността за включването им в дадения планов ремонт.

Трябва да се има пред вид, че като правило, разсейването на експлоатационните срокове на детайлите на дървообработващите машини, води до непълното използване на техния ресурс. Това се дължи на факта, че ремонтът на повечето

от тях се провежда при планово-предопределените въздействия през равни интервали от време. Като пример може да се разгледа случай, при който средният срок на работа на даден детайл  $T$  [5], фиг. 1, отразява възможността за

ремонт при  $(k+1)$ -то планирано профилактично въздействие, тъй като  $T > T_{k+1}$ . Обаче в този случай има голяма вероятност детайлът да не работи така добре до  $(k+1)$  ремонт. Това неминуемо ще доведе до нарастване количеството на междурементните операции и до внезапен отказ на машината като цяло.

Вероятността за преждевременно излизане от строя на детайла и за възникване на отказ в машината се определя от заштрихованата площ  $F_I$  на кривата на разпределение  $f(t)$  на отказите (фиг. 1). Ето защо възможностите са или да се назначи ремонт на дадения детайл при  $k$ -тото планово-предопределено въздействие и съответно до възможното в този случай неизползване на целия му експлоатационен срок, или да се контролира и следи износването на детайла по такъв начин, че да се предвиди действителния срок на работа, или да се предвидят извънпланови ремонти. Най-изгодната възможност в определени реални условия се определя чрез анализ на различните варианти.

По такъв начин става ясно, че върху коефициента на трайност  $\eta_m$  основно влияние оказват експлоатационните срокове на детайлите и техните дисперсии, а също трудоемкостта на ремонта на отделните детайли и възлите на дървообработващите машини.

За оценка на трайността на дървообработващите машини може да се използва също техният параметър - ресурс на работа [6]. Като е известно от теорията на надеждност, за ресурс се приема времето  $q$  (в часове), през което дървообработващата машина може да работи изправно и надеждно, докато се предаде за провеждане на капитален ремонт, при условие, че разходите за профилактика и ремонт са в общоприетите норми.

Въз основа на направената теоретична постановка и от анализа на натрупания опит в дървообработващите фирми, може да се препоръчат някои специфични методи за повишаване на трайността на дървообработващите машини.

### **3. МЕТОДИ ЗА ПОВИШАВАНЕ ДЪЛГОТРАЙНОСТТА НА ДМ.**

#### **1. Създаване на условия за продължителна работа на възлите и детайлите на ДМ.**

Към тях спадат: избор на необходимите най-подходящи материали, намаляване броя на бързоизносващи се кинематични двойки и подвижни съединения (по-проста структура и кинематика на механичните системи), надеждно смазване на триещите се повърхнини чрез прилагане на подходящи системи за смазване и съответно подбрани мазилни вещества и изолирането на подвижните съединения от замърсители, дървесни стъргодини, изрезки и абразивни частици. Освен това в новите условия на експлоатация и поддържане на ДМ с приложение на CAD/CAM/PDM и PLM среда е необходимо да се използват съвременни методи за проектиране и конструиране, които да способстват за удължаване на жизнения цикъл на дървообработващите машини и за значително повишаване на тяхната дълготрайност

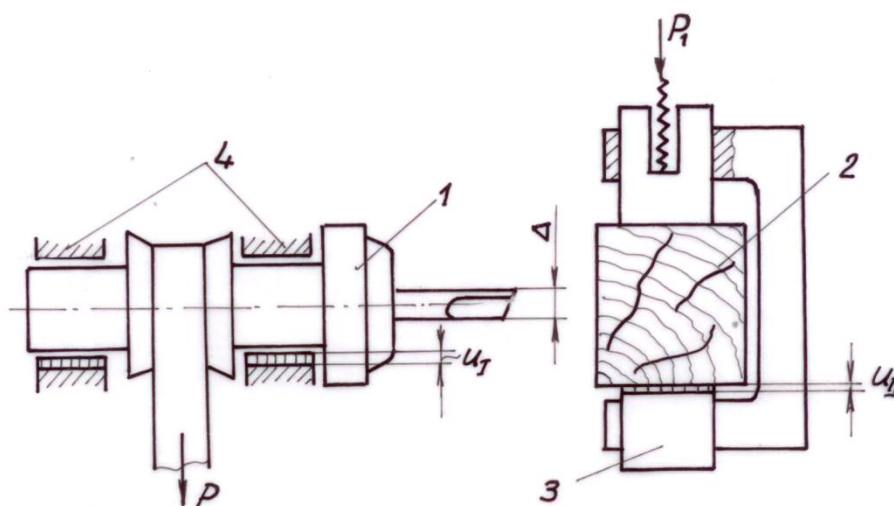
#### **2. Оптимизиране на конструктивните схеми на отделните механични системи на ДМ.**

Общо условие за проектирането на дълготрайни дървообработващи машини е рационалният избор на конструктивна схема, при което износването на детайлите в подвижните съединения да влияе в най-малка степен върху нормалната експлоатация на машините.

Големината на износването не винаги характеризира нарушената работоспособност на машината. Например аналогични механизми при едни и същи износвания на детайлите в един случай могат да престанат да функционират правилно, а в други условия продължават да работят изправно още дълго време.

Като пример може да се даде фрезерно-пробивна дървообработваща ма-

шина за изработване на канали, шлицы или отвори в изделия от дървесина и дървесни материали. При тези машини е характерно износването на лагерите 4 на пробивното вретено 1 и на захватите 3, в които се закрепват дървесните детайли за пробиване или фрезование на отвори и канали (фиг. 2).



Фиг. 2. Схема на износване на пробивното вретено и захватите на фрезерно-пробивна дървообработваща машина.

С увеличаване на износването се получава изместване  $\Delta$  на оста на обработвания канал или отвор, чиято гранична стойност зависи от заложената предварително точност на технологичния процес.

Ако износването на лагерите  $u_I$  (посоката на което зависи от посоката на силата  $P$  от опъването на ремъците на задвижващата ремъчна предавка) и износването на захващащата челюст  $u_{II}$  са от различни страни, то  $\Delta = u_I + u_{II}$ .

Ако направлението съвпадат, а посоките им са противоположни то изместването ще бъде  $\Delta = u_I - u_{II}$  и експлоатационният срок съответно ще се увеличи. Така може да се постигне повишаване на трайността, чрез оптимизирането на конструктивната схема на механизма.

### 3. Прилагане на принципа на равномерно износване.

Излизането от строя на детайлите и механизмите на дървообработващите машини или неправилното им функциониране в резултат на износването често зависят не толкова от неговата големина, колкото от неравномерното му разпределение по повърхнината на триене. Така например неравномерното износване на притискащите валци на надлъжно фрезоващите машини намалява точността на подавателното движение и предизвиква пулсации при подаването, което влияе лошо на качеството на обработените повърхнини; неравномерното износване на детайлите на вариаторите изкривява закона за движение на изпълнителните органи; местното износване на направля-

вашите за праволинейно движение отрицателно влияе върху точността и вибрационната устойчивостта на дървообработващите машини и т.н.

При проектирането на основните триещи се двойки е необходимо да бъдат сведени до минимум неравномерностите от износването по направляващите повърхнини и по този начин да се осигурят условия за по-продължително запазване на по-добри технически показатели.

#### **4. Прехвърляне на силите и натоварванията върху по-неотговорни детайли.**

Намаляването на силите в неотговорните съединения на дървообработващите машини, за сметка на поинтензивна работа в по-неотговорните, в много от случаите води до значително повишаване на дълготрайността на цялата конструкция. Например за удължаване на експлоатационния срок на линейни направляващи може да се прибегне до частичното им разтоварване. Такава възможност има при използване на специални каретки с ролки на пружини, които да възприемат силата на тежестта на подвижната част и част от силата на рязане на съответния режещ механизъм. В този случай направляващите изпълняват основната си функция и се разтоварват от второстепенното предназначение като носещи елементи.

По същата причина ходовият винт на струговете за дървесина може да се разтовари от прекомерно натоварване и следователно да се удължи експлоатационния срок на машината чрез несложна модернизация, с помощта на която тази функция се прехвърля на ходовия вал.

#### **5. Намаляване на трудоемкостта на ремонта на ДМ чрез разработване на оптимизирана конструкция.**

Както показва формулата за коефициента на трайност на дървообработващите машини  $\eta_m$ , тя може да се повиши не само чрез увеличаване експлоатационния срок на работа на детайлите, но и като се съкращава трудоемкостта за техния ремонт и подмяна.

Главно значение при този метод има конструкцията на машината, тъй като тя определя необходимия основен обем ремонтни дейности. Количеството на износващите се детайли, сложността на монтажните и регулировъчните работи при ремонта и замяната на износените части и технологичността на конструкцията на машината са фактори, които е необходимо да се отчитат при конструирането.

Също така голямо значение има бързата смяна на детайлите и възлите, които най-често се износват и излизат от строя.

#### **6. Оптимизация на процеса на износването чрез компенсатори и регулиращи устройства.**

Компенсацията на износването на триещите се детайли спомага за увеличаване техния експлоатационен срок и затова е необходимо по-широко да се прилага при експлоатацията на дървообработващите машини и механизми. Например разработване на устройства за компенсиране на износването в конструкцията на направляващите за гатерни рамки, опъващите механизми на лентоводещите колела, лентоводителите на банциги, лагерните възли и притискащите механизми на пробивни машини, абрихти и щрайхмуси, подаващите механизми и каретки и др.

Компенсация на износването може да се осъществи по два основни начина. Първият от тях е чрез периодична компенсация, при която според износването се регулира дадена хлабина или се изменя взаимното положение на телата. Тя

изисква постоянно наблюдение и е свързана със загуби на време.

Най-подходящ е другият начин, а именно чрез автоматична компенсация на износването, когато по време на работа самият механизъм чрез обратна връзка компенсира износването и осигурява по-добра експлоатация и поддържане.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От анализа за същността на проблема и на методите за повишаване на дълготрайността на дървообработващите машини може да се направят следните изводи и препоръки:

- Предлагат се рационални, специфични за дървообработващите машини и оборудване методи, чрез прилагането на които може да се повиши дълготрайността на машините при тяхната експлоатация и поддържане. Основа за разработване на тези методи са теорията на надеждност на машините и експлоатационния опит в дървообработването.
- Първите три метода, свързани с избор на най-подходящи материали за детайлите на дървообработващите машини, намаляване броя на кинематичните двойки и подвижни съединения в техните конструкции, оптимизиране на конструктивните схеми на отделните им механични системи и прилагане на принципа на равномерното износване са най-подходящи за приложение на етапа на проектиране и производство на дървообработващите машини и техните механизми.

- Проблемът за повишаване качеството на машиностроителната продукция, в това число и на дървообработващите машини е комплексен и е необходимо да се решава едновременно в сферата на производството на машините и в условия на тяхната експлоатация въз основа на обща теоретична база. Такава база е теорията за надеждност на машините, изучаваща методите и действията, които трябва да се спазват при проектирането, изработването, транспортирането, приемането и експлоатацията на машините за постигане на максимална ефективност при тяхното използване.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов, Х. Теоретично описание на външните въздействия и динамичните процеси при банцигите. Сп. „Дървообработване и производство на мебели“, бр.1, 2006, стр. 9–12.
2. Вуков, Г. Й., Усъвършенстване на методите за виброакустична диагностика с оглед повишаване на ефективността, икономичността и надеждността на оборудването в дървообработващото и мебелното производство. Сп. „Управление и устойчиво развитие“, кн. 3–4, ЛТУ, София, 2007, стр. 361–365.
3. Вуков, Г. Й., Д. Георгиева. 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“, кн. 1, год. 10, V 19, ЛТУ, София, 2008, стр. 245–249.
4. Амалицкий, В.В. (1974). Надежность деревообрабатывающего оборудования, М.
5. Проников, А.С. (1969). Основы надежности и долговечности машин., М.
6. Болотин, В.В. (1990). Ресурс машин и конструкций. „Машиностроение“, М.



## THE WOODWORKING MACHINERY DURABILITY AND METHODS FOR ITS ENHANCING

Hristo Mihaylov, Neno Trichkov

University of Forestry – Sofia, e-mail: h1sm@abv.bg; nenotr@abv.bg

### ABSTRACT

On the basis of previous theoretical and experimental studies by the author of this paper, the concept of the woodworking machinery's durability and methods for its enhancing is theoretically analyzed (presented) as one of the properties for its reliability. The coefficient of the woodworking machinery's durability -  $\eta_T$  in their lifecycle for the first time is described as a dimensionless value, always less than a unity. This factor takes into account the really accomplished works and the time, needed for repairs and downtime. The ratio  $\eta_T$  can be widely used in theoretical studies, related to kinematics and dynamics of various mechanisms and mechanic systems in the woodworking machinery, in analyzing and working out constructive solutions about the assembly of such machines. The technical resources and exploitation period are the durability's properties. Due to this methodology, conditions for mathematical description and analysis have been established.

Based on these facts and from the previous theoretical analyses some specific methods for growing the woodworking machinery's durability are presented, as well as some recommendations for their applications. In theoretical analyses and studies on woodworking machinery mechanical systems this methods will be useful enough in most cases.

**Key words:** durability, woodworking machinery, products, technical resources and lifecycle.