

Методика за изследване на динамичната система на банцигова машина

Доц. д-р. Х.С. Михайлов, доц. д-р. Н.И. Тричков, ст.пр. Евелина Георгиева,
Лесотехнически университет, София

Abstract: *On the basis of previous theoretical and experimental studies by the author of this paper, the concept of an equivalent elastic system of a and sawing mechanism is presented and, for the first time, four simplified equivalent bandsaw dynamic systems are suggested. They can be widely used in theoretical studies related to kinematics and dynamics of various mechanisms and mechanic systems, in analyzing and working out constructive solutions about the assembly of such machines, and in applying methods for enhancing the reliability of wood-working equipment. The presented equivalent systems underlie the suggested original methodology for studying the bandsaw systems. Due to this methodology, conditions for mathematical description and analysis have been established.*

In theoretical analyses and studies on bandsaw dynamic systems this methodology will be useful enough in most cases. It enables relatively easily to work out and apply modern techniques for calculated and constructing various elements and subsystems as well as a bandsaw dynamic system as a whole by using computer systems and modern software, and to maintain operation of CAD, CAM, PDM, PLM and similar systems.

Key words: *methodology, bandsaw, equivalent dynamic systems, software, computer systems.*

1. Въведение

При механичното обработване на дървесината условията на работа на дърворежещите 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 обработване на дървесната суровина 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, особено при високоскоростни обработващи машини с лентов режещ механизъм, каквито са банциговите машини. Ето защо необходимо е в този случай да се създават условия и предпоставки за устойчиво състояние на динамичните системи на банциговите машини и поддържането му на добро ниво, съответно при работа и на празен ход, независимо от външните въздействия, стационарните и преходните процеси.

Целта на настоящата работа е да се предложи методика за изследване на динамичната система на банцигова машина, като се потърсят възможности за еквивалентно представяне на тази динамична система и нейното математическо описание с помощта на предавателна функция. За тази цел се използва съставената и описана в предишно изследване основна схема на динамичната система на машини с лентов режещ механизъм [1]. Еквивалентното представяне на основната динамична система ще спомогне разработването на нови изчислителни методики, с приложение на съвременни програмни продукти. Това ще даде възможност за съкращаване сроковете при решаване на сложни технически задачи, свързани с изчисляване и конструиране на различни механични системи на банциговите машини, от типа на задвижващи механизми, механизми за рязане, за опъване и движение на лентовия трион, както и за други механизми като подаващи, направляващи, хранящи, транспортиращи, обръщащи и т.н. Друго важно приложение на еквивалентните системи, предавателните функции и честотните методи е възможността да се използват като необходим, начален етап при разработване на съвременни програмни продукти за решаване на изброените по-горе задачи, а също за оперативно поддържане на CAD, CAM, PDM, PLM и други подобни системи за дървообработването и производството на мебели и обзавеждане.

2. Същност на проблема

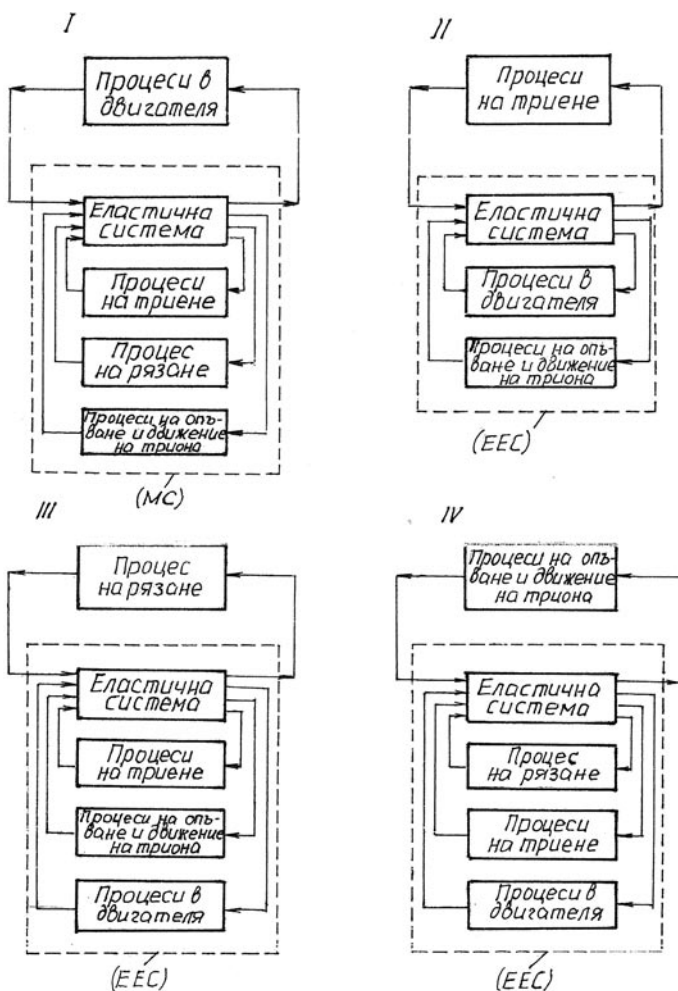
Съществена особеност на динамичната система на дадена банцигова машина [2] е възможността за отделяне на зоните, в които протичат работните процеси от зоните, в които са включени елементите на еластичната система. Това значително разширява предпоставките за прилагане на съвременни методики и компютерни програмни продукти при изчисляване на отделните механизми и на механичната система на машината като цяло.

Тази особеност позволява сравнително лесно преминаване към еквивалентно представяне на динамичната система на банциговата машина във вид на по-удобна едноконтурна система. Въз основа на това по-долу са описани и на фиг.1 схематично са представени следните основни четири типа еквивалентни динамични системи на машини с лентов режещ механизъм.

Първата (I) от тях е удобна при решаване на задачи, свързани с избора на метод и механизъм за задвижване на машината. Или с други думи подходяща при избор на главен превод и неговото изчисляване и конструиране. Тук се предлага следният начин за изграждане на еквивалентната система. Към елемента “процеси в двигателя” се включва елемент, който съгласно теорията на задвижващите механизми и устройства се нарича “механична система” (МС). В този елемент се обединяват еластичната система (ЕС) на банцига, процесът на рязане на дървесината, процесите на триене в зоната на рязане и в подвижните механизми. Към тях се добавят и такива специфични процеси, като процесите на опъване и движение на леновия трион, процесите в системата подаващо устройство-лентов режещ механизъм, заедно с техните взаимни връзки и взаимодействия. В най-простия случай, който широко се прилага в теоретичните основи на електрозадвижванията и хидрозадвижванията, механичната система се представя обикновено като маса, върху която действуват съответните сили. Тези сили се приемат или като външни или като функционално зависими от движението на тази маса. Посочената зависимост се основава на качествени представи и като правило е от неизвестен

вид. Същността на въпроса не се променя и при отчитане влиянието на различните маси и коефициенти на еластичност (пружинни константи) в ЕС за достигане предаваната мощност от двигателя до работния орган на машината. Качеството “еквивалентност” на елемента “механична система” изключва възможността за получаване на универсални зависимости за съпротивителните сили, тъй като тези зависимости изразяват връзките между съответната еластична система и работните процеси при зададените режими на работа. При промяна на параметрите на еластичната система или на работните процеси, зависимостта също се изменя.

Втората (II) еквивалентна система (фиг.1) е удобна при решаване на задачи, свързани с анализ или отчитане процесите на триене и съответно възникващите от тях съпротивителни сили в направляващите механизми или лагерните възли на машината. Обикновено тези задачи се решават съобразно с работата на машината при празен ход. Тогава еквивалентният елемент на системата обединява ЕС на банцига, процесите в двигателя и процесите за опъване и направляване на режещия инструмент (1), които са характерни за лентовите режещи механизми и в повечето случаи са определящи. При необходимост може да се включи и процесът на рязане на дървесина или дървесни материали. Този елемент може да се нарече еквивалентна еластична система или накратко ЕЕС, тъй



Фиг.1. Еквивалентни динамични системи на банцигова машина

като обикновено се разглежда взаимодействието на елементите на еластичната система с процеса на триене.

Третата (III) еквивалентна система е удобна при анализ или при изчисляване на режимите и условията на рязане, например при решаване на технологични задачи, свързани с обработване на различни видове дървесна суровина или други материали, а също и изделия от дървесина с различна влажност и плътност. Еквивалентният елемент, освен еластичната система включва още процесите в двигателя, процесите на триене и процесите на опъване и движение на лентовия трион.

Тъй като в случая се разглежда взаимодействие на ЕС с процеса на рязане, то еквивалентния елемент, както в предишния случай се нарича еквивалентна еластична система (ЕЕС).

Четвъртата (IV) еквивалентна система е специфична и свойствена само за банциговите машини, при които режещият инструмент представлява безкраен лентов трион, движещ се с твърде висока скорост, достигаща 40-50 m/s. Тя е удобна при изчисляване и конструиране на механизмите за опъване и движение на режещия инструмент – лентовия трион, например при избор на разновидност и вариант за системата на опъващия механизъм или при изчисляване на включените в него отделни машинни елементи. Еквивалентният елемент включва освен еластичната система още процесите на рязане, на триене и процесите в двигателя. В четвъртия случай се разглежда взаимодействието на ЕС с процесите на опъване и движение на триона и с еквивалентния елемент. Както и в предишните два случая се въвежда наименованието еквивалентна еластична система – ЕЕС.

При решаването на конкретни задачи в последните три случая съдържанието на понятието ЕЕС се уточнява и конкретизира в зависимост от съответната механична система и изграждащите я елементи.

Предложените четири опростени еквивалентни динамични системи на банцигова машина могат да се използват широко при теоретични изследвания, свързани с кинематиката и динамиката на отделните механизми и машинни агрегати, при анализ и разработване на конструктивни решения относно компоновката на подобни машини, а също и при прилагането на методите за повишаване на надеждността на дървообработващото оборудване [3]. Освен това тези системи доказват условността на понятията за елемент и система. Всеки основен елемент от динамичната система на банциговата машина от своя страна представлява сложна подсистема със своите вътрешни връзки и контури, определящи динамичните свойства и особености на този елемент.

3. Описание на предлаганата методика

Въз основа на разгледаните четири еквивалентни динамични системи на машини с лентов режещ механизъм и възможността за математическото им описание чрез предавателна функция [4,5], по-долу се предлага опростена методика за изследване на динамичната система на такава машина. Използва се наличието на уравнение, описващо цялата затворена система на машините с лентов режещ механизъм [1], при което не е трудно аналитично да се определят и характеристиките на отделните елементи (еквивалентни системи), които я изграждат.

Прекъсването на една вътрешна връзка или контур в разглежданата еквивалентна система прекъсва и зависимостта между две съответни обобщени координати. При това обаче останалите контури се запазват, тъй като предварително са заложили в коефициентите на уравнението на системата.

От методична гледна точка при експерименталното определяне на характеристиките на еквивалентните елементи и системи, голямо значение има преходът от характеристиките на отделните елементи и контури на връзките към характеристики на еквивалентни елементи и системи. Както е известно от теорията за автоматично регулиране и управление [5], един от съвременните начини за математическо описание и изследване на динамични системи, в това число и на машинни системи е с помощта на т.н. предавателна функция $W(p)$. Предавателната функция всъщност е една разновидност за записване на динамичните свойства на механичната система на банциговата машина посредством диференциално уравнение. Удобен е такъв преход също и при построяване на общата методика за изчисляване и анализ на динамичната система на банцигови машини. Предавателната функция за отделен елемент или система представлява отношението на входната $x_{вх}$ към изходната $x_{изх}$ координати, записано в операторна форма. За изясняването на тази методика и обосноваване приложението ѝ за изследване на банцигови машини, по-долу ще бъде разглеждана едноконтурна система. Всъщност така се представят и четирите, описани по-горе еквивалентни динамични системи на банцигова машина.

Както е известно за отделен елемент от контура, предавателната функция има следния вид:

$$W(p) = \frac{x_{изх}}{x_{вх}} = \frac{R(p)}{Q(p)}, \tag{1}$$

където $p = \frac{d}{dt}$ е операторът на диференциране;

$R(p)$ и $Q(p)$ – операторните многочлени;

$x_{вх}$ и $x_{изх}$ – входната и изходната координати, описани по-преди в работата [1].

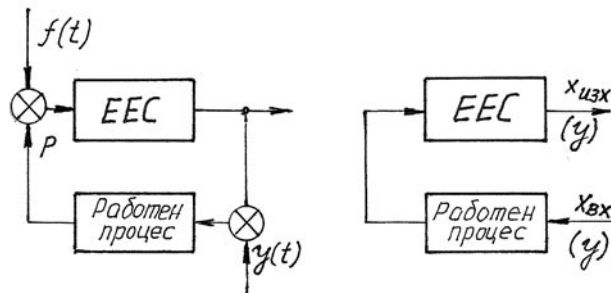
Предавателната функция на отворена система $W_{омг}(p)$ е от същия вид, но е безразмерна, тъй като входната и изходна координати имат еднакви размерности. В подложената на анализ динамична система на банцигова машина, степента на многочлена $R(p)$ е по-ниска от степента на многочлена $Q(p)$. За затворена едноконтурна система (фиг.2а), която може да се използва като заместваща за всяка от описаните четири еквивалентни динамични системи на банцигова машина (фиг.1), се различават предавателни функции по външно въздействие $W_f(p)$ и по настройване $W_y(p)$.

За разглежданата динамична система [1],

при $y(t) = 0$ $W_f(p) = \frac{x_{изх}}{f} = \frac{S(p)}{L(p)}, \tag{2}$

при $y(t) = 0$ $W_y(p) = \frac{x_{изх}}{y_t} = \frac{N(p)}{L(p)} \tag{3}$

където $L(p)$, $N(p)$ и $S(p)$ са операторните многочлени.



Фиг.2. Схема на едноконтурна динамична система
а) Затворена система б) Отворена система

Предавателната функция на еноконтурна затворена система се изразява чрез предавателната функция на отворена система (фиг. 2б) по следния начин [5]:

$$W_f(p) = \frac{x_{изх}}{f} = \frac{W_{fx}(p)}{1 + W_{омг}(p)} \tag{4}$$

$$W_y(p) = \frac{x_{изх}}{y_t} = \frac{W_{омг}(p)}{1 + W_{омг}(p)} \tag{5}$$

където $W_{fx}(p)$ е добавъчната предавателна функция на ЕЕС от отделно взето звено на системата по отношение на $f(t)$ при $x_{вх} = const$;

$W_{омг}(p)$ – предавателната функция на отворена система при $f(t) = const$; $y(t) = const$.

При последователно свързани елементи в системата, предавателната ѝ функция е равна на произведението от предавателните функции на отделните елементи, при успоредно свързани елементи – на тяхната сума.

Изразите (4) и (5) представляват търсената характеристика (предавателна функция или амплитудно-фазова честотна характеристика) на еквивалентната еластична система на банцигова машина ЕЕС, която е в основата на предлаганата методика за изследване на нейната динамична система. Динамичните свойства на звената и еквивалентните еластични системи на банциговата машина могат да бъдат представени и оценени доста-

тъчно точно, нагледно и пълно с помощта на някои от известните честотни характеристики [4,5]. Посредством честотните методи е възможно да се изследват както устойчивостта на дадена еластична система, така и да се извърши оптимален синтез на новопроектирани механични системи.

В специалната литература не е открито съобщение или описание на предлаганата или подобна на нея методика за изследване на динамичната система на банцигова машина и това налага нейното критично обсъждане. Предимствата или недостатъците ѝ могат да бъдат доказани при по-нататъшни изследвания и сравнителни оценки с помощта на честотни методи за задаване на входни въздействия в динамичната система на лентов режещ механизъм.

4. Заключение

От изложеното става ясно, че предложените четири опростени еквивалентни динамични системи на банцигова машина могат да се използват успешно при теоретични изследвания, свързани с кинематиката и динамиката на отделните механизми и механични системи, при анализ и предлагане на конструктивни решения относно компоновката на подобни механизми, а също и при прилагането на методите за повишаване надеждността на дървообработващото оборудване. Освен това те доказват условността на понятията за елемент и система. Всеки основен елемент от динамичната система на банциговата машина от своя страна представлява твърде сложна подсистема със своите вътрешни връзки и разнообразни контури, определящи динамичните свойства и особености на този елемент. Могат да се направят следните изводи:

1. Съгласно предлаганата в тази работа методика се създават предпоставки за математическо описание и анализ на динамичната система на банцигова машина чрез използване на предавателна функция за едно-контурна система и чрез прилагане на нейните основни свойства. Предавателната функция всъщност е една разновидност за записване и анализ на динамичните свойства на системите на банциговите машини посредством диференциални уравнения, което води до по-точни и надеждни резултати.
2. При теоретичен анализ и изследване на динамични системи на банцигови машини, такава методика ще бъде достатъчно удобна при повечето случаи. Тя позволява опростено отчитане на такива характерни особености на процесите, като промяната на големината и посоката на равнодействащата на силите на рязане или силите на триене (т.е. изменение на съотношението на тангенциалната и нормалната компоненти на силата на рязане или изменението на коефициента на триене в зависимост от широчината на прореза или от големината на напреженията в лентовия трион от неговото опъване), а така също и на зависимостите на тези сили от други координати и условия.
3. Предлаганата методика ще даде възможност за разработване и приложение на съвременни методи за изчисляване и конструиране на отделните елементи и подсистеми на банциговите машини чрез прилагане на компютърни системи и съвременни програмни продукти.

Литература:

1. Михайлов, Х. Анализ на динамичната система на машини с лентов режещ механизъм и нейните особености. Сборник доклади от МНК "Механична технология на дървесината". София, ЛТУ, 1996.
2. Михайлов, Х. Теоретично описание на външните въздействия и динамичните процеси при банцигите. Сп. "Дървообработване и производство на мебели", №1, София, 2006.
3. Михайлов, Х. Методи за повишаване надеждността на дървообработващото оборудване. Сп. "Машиностроене и електротехника". № 7-8, София, 2005.
4. Михайлов, Х. Влияние на стационарните и преходните процеси върху динамичната система на банцигова машина. Сп. "Машиностроене и електротехника". № ..., София, под печат.
5. Драганов, Б. Автоматично регулиране и управление. ДИ. "Техника", София, 1980.