

- Verlag, 1996, pp. 392-399.
10. Шерстюк В.Г. Структурная декомпозиция интеллектуальной СППР реального времени сценарно-прецедентного типа /В.Г. Шерстюк // Проблемы информационных технологий. – 2008. – No 02(004) – С.86 – 94.

Roman Minailenko, Alexandr Sobinov, Konstantin Buravchenko

Kirovograd National Technical University

Definition classification structural factors affecting the process of drying grain in the tower dryers

One of the most important processes of grain processing has grain drying process. The productivity of the drying process, the component which has the humidity, the quality of the state of the grain, the price of grain depends on the components of the process and the capabilities of the equipment which is used in its conduct.

Among the large number type dryers used in agricultural production, popular tower grain dryer. This popularity is due to the relatively low cost, the constructive simplicity and the wide range of crops. Also it should be noted that this type of dryers because of its design features can be used in small, medium, and large farms.

The article considers the problem of determining the qualifying factors influencing the process of grain drying tower dryers. As a result of analysis of the theory, practice and experience of operation of tower dryers invited qualification structure of such factors. It is shown that the construction of a mathematical model of the process of drying tower dryer, using classical mathematical methods and taking into account all factors, requires a large number of studies and experiments that would increase the cost management system. A method of obtaining solutions by searching for these problematic situations based on previous experience solving problems stored in the memory and the adaptation of these decisions to the new conditions. On the search for such solutions will be directed further studies will be aimed at the creation of automated process control system for grain drying tower dryers.

tower dryer, grain drying process, structural factors, control system

Одержано 13.03.15

УДК 621.937.5

С.І.Осадчий, проф., д-р техн. наук, І.А. Березюк, доц., канд. техн. наук

К.А. Недопьокін

Кіровоградський національний технічний університет, srg2005@ukr.net

Методологія та етапи забезпечення максимальної якості процесу керування обробкою деревини на стрічкوپилковому верстаті

Розглянуто методологічні основи створення оптимальної системи стохастичної стабілізації потужності різання на стрічкوپилковому верстаті за даними натурних випробувань. Використання новітніх методів структурної ідентифікації для визначення моделей динаміки «системи деревообробний верстат – процес різання» та діючого збурення, методів оптимального синтезу дозволяють забезпечити максимальну якість керування обробкою деревини на зазначеному верстаті при мінімальних затратах та заданих характеристиках оброблюваної поверхні.

стрічкوپилковий верстат, структурна ідентифікація, спектральна щільність, передаточна функція, критерій якості, стохастичні збурення, оптимальна система стохастичної стабілізації

© С.І.Осадчий, І.А. Березюк, К.А. Недопьокін, 2015

С.И.Осадчий, проф., д-р техн. наук, И.А. Березюк, доц., канд. техн. наук, К.А. Недопьокін

Кировоградский национальный технический университет

Методология и этапы обеспечения максимального качества процесса управления обработкой древесины на ленточнопильном станке

Рассмотрены методологические основы построения оптимальной системы стохастической стабилизации мощности резания на ленточнопильном станке по данным натуральных исследований. Использование новых методов структурной идентификации для определения моделей динамики системы «деревобработывающий станок-процесс резания» и действующего возмущения, методов оптимального синтеза позволяют обеспечить максимальное качество управления обработкой древесины на данном станке при минимальных затратах и заданных характеристиках обрабатываемой поверхности.

ленточнопильный станок, структурная идентификация, передаточная функция, критерий качества, спектральная плотность, стохастические возмущения, оптимальная система стохастической стабилизации

Постановка проблеми. На сучасному етапі забезпечити конкурентоспроможність пиломатеріалів можна тільки зниженням їхньої собівартості та підвищенням якості. Одним із можливих шляхів вирішення такої задачі є створення вискоефективних систем керування обробкою на верстатах, які дозволяють отримати максимальну якість керування при мінімальних витратах енергії, сировини, праці та збереженні необхідних якісних показників оброблюваної поверхні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для стрічкових пилорам найбільшого поширення набули системи стабілізації потужності різання. На сьогоднішній день відомі значна кількість конструктивних рішень та схемних розробок, які відрізняються одна від одної кількістю параметрів, що контролюються, а також принципами побудови автоматичних регуляторів. Широкого розповсюдження набули системи стабілізації потужності різання з використанням паралельних та послідовних коректуючих пристроїв, адаптивних спостерігачів, упереджувальної корекції, системи із змінною уставкою [1-2].

Аналіз їх роботи показав, що кожна із наведених систем стабілізації володіє певними недоліками, які не дозволяють отримати максимальну якість керування. Рівень якості керування, який може бути досягнутий в системах побудованих на основі зазначених вище підходів є обмеженим, оскільки при виконанні розрахунків, як правило, задаються структурою моделі об'єкту керування та регулятору, а визначенню підлягають лише параметри.

В більшості випадків при створенні системи стабілізації потужності різання вважають, що збурення може бути описане функцією Хевісайда або дельта-функцією. Але як показав аналіз проведених досліджень проведених Струтинським В.Б. [3] діюче збурення представляє собою стаціонарний випадковий процес з дробово – раціональною спектральною щільністю, структура та параметри якої залежать від фізико – механічних властивостей матеріалу, що обробляється, стану ріжучого інструменту та технологічного обладнання.

Таким чином, виникають протиріччя: з одного боку властивості технологічної системи верстата невизначені, оскільки піддаються впливу випадкових збурень, які складно виявити; фізико – механічні властивості деревини змінюються випадковим чином від колоди до колоди; ріжучі властивості інструменту також безперервно змінюються і неможливо визначити його характеристики в даний момент часу, а з іншого – при побудові систем стабілізації потужності різання задаються моделлю об'єкту керування та регулятору і вважають діючі в процесі обробки збурення детермінованими функціями. Ці протиріччя призводять до створення систем, які володіють певними недоліками, зокрема: низька швидкодія та значне перерегулювання;

погіршення точності підтримання на заданному рівні регульованого параметру; забезпечення заданої якості обробки при значних енергетичних затратах.

Тому створення технології побудови систем стабілізації потужності різання для стрічкових пилорам, які б забезпечували максимальну якість керування процесом обробки при мінімальних енергетичних витратах та збереженні необхідної якості оброблюваної поверхні і в той же час були простими з точки зору технічної реалізації та експлуатації в умовах виробництва, являє собою актуальну складну науково – технічну задачу.

Успішне розв’язання цієї задачі потребує використання новітніх науково-обґрунтованих підходів, вільних від розглянутих вище недоліків та протиріч.

Постановка завдання. В даній роботі подано науково-обґрунтовану технологію побудови оптимальної системи стохастичної стабілізації потужності різання на основі динамічного проектування з урахуванням моделей системи «деревобробний верстат – процес різання» (ДВПР) та збурень визначених за результатами натурних випробувань її прототипу для досягнення максимальної якості процесу керування обробкою на стрічкопилкових верстатах.

Виклад основного матеріалу. Технологія, що пропонується складається з наступних етапів:

- обґрунтування технології отримання моделей динаміки системи ДВПР та збурень, які супроводжують процес обробки за результатами натурних випробувань;
- обґрунтування методології синтезу оптимальної структури системи стохастичної стабілізації потужності різання;
- розробки методології аналізу якості процесу керування обробкою на стрічкопилковому верстаті при зміні фізико – механічних властивостей деревини та ріжучої здатності інструменту;
- визначення моделей динаміки системи ДВПР та збурень за результатами натурних випробувань і встановлення зв’язку між параметрами зазначених моделей та зміною фізико-механічних властивостей деревини і величиною зношування ріжучого інструменту;
- синтезу оптимальної структури системи стабілізації потужності різання;
- визначення граничних рубежів якості оптимальної системи стохастичної стабілізації потужності різання при зміні фізико-механічних властивостей деревини та стану ріжучого інструменту;
- створення спеціальних програмних комплексів реалізації процедур технології ідентифікації, методології синтезу та аналізу зазначених вище;
- розробки рекомендацій щодо реалізації оптимальної системи стохастичної стабілізації потужності різання;
- розробки методики проведення виробничих випробувань системи для оцінки її ефективності.

Взаємозв’язок між розглянутими етапами ілюструє структура подана на рис. 1.

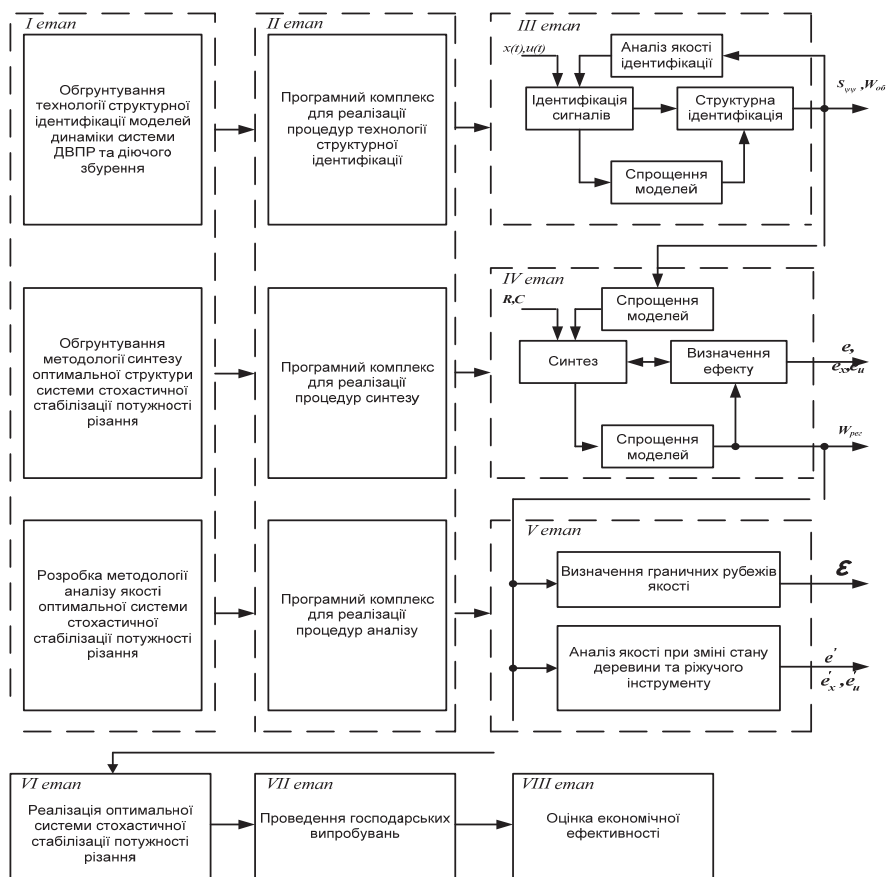


Рисунок 1 – Етапи забезпечення максимальної якості процесу керування обробкою деревини на стрічкопилковому верстаті

На першому етапі формуються основні теоретичні засади нової технології побудови систем стабілізації потужності різання на основі динамічного проектування, пошук методів та алгоритмів для розв’язання задач ідентифікації системи ДВПР та збурень, синтезу оптимального регулятора, аналізу якості системи, що проектується.

Технологія отримання моделей динаміки об’єкту управління (системи ДВПР) та діючих збурень складається з трьох стадій:

- постановка задачі;
- розробка методики та виконання за нею спеціальних натурних випробувань для фіксації сигналів “вхід - вихід” системи ДВПР;
- розробка методики оцінювання за спеціальними алгоритмами динамічних характеристик сигналів отриманих в результаті натурних випробувань;
- структурна ідентифікація моделей динаміки системи ДВПР та діючого збурення з використанням спектрального алгоритму [4] при обов’язковому урахуванні результатів попередніх стадій.

В досліджуваному випадку об’єкт ідентифікації система ДВПР описується звичайним диференціальним рівнянням вигляду:

$$P(s)x(s) = M(s)u + \psi(s), \quad (1)$$

де ψ – зовнішні стохастичні збурення, які діють на об’єкт управління (систему ДВПР) в процесі обробки;

u – сигнал керування (управління швидкістю подачі);

x - вихідний сигнал, який відповідає струму навантаження на двигуні головного руху;

P і M – операторні поліноми від $s = j\omega$.

При використанні обраного спектрального методу вважається, що вхідний сигнал u і вихідний сигнал x представляють собою стаціонарні випадкові процеси з відомими спектральними та взаємними спектральними щільностями $S_{uu}(s)$, $S_{xx}(s)$ та $S_{ux}(s)$, які були визначені за результатами вимірювань сигналів u і x ; збурення ψ не корельовано з вхідним сигналом u .

Задача структурної ідентифікації формулюється наступним чином: для фіксованого режиму різання в умовах виробництва за статистичними даними які характеризують “вхід - вихід” системи ДВПР отримати найкращі за точністю оцінки динамічних характеристик об’єкту управління та збурення, яке супроводжує процес обробки на верстаті, на класі дробово – раціональних функцій; кількісно оцінити вплив зміни фізико – механічних властивостей деревини та величини зношування ріжучого інструменту на потужність різання і динаміку досліджуваної системи.

Згідно обраного алгоритму шукана оптимальна матриця оцінок визначається з виразу:

$$\Phi = (W_{об}, S_{\psi\psi}) = R_0^{-1} (T_0 + T_+) D^{-1}, \quad (2)$$

де $W_{об}$ – передаточна функція об’єкту (ДВПР);

$S_{\psi\psi}$ – передаточна функція фільтру, який формує динамічні характеристики збурення, приведенного до виходу системи із заданою спектральною щільністю вигляду $S_{\varphi\varphi}$, R_0 - ваговий коефіцієнт;

D – результат факторизації блочної матриці S'_{yy} [5] :

$$DD^* = S'_{yy} = \begin{bmatrix} S_{uu} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$T_0 + T_+$ – стійка частина результату сепарації блочної дробово – раціональної матриці:

$$T = T_0 + T_+ + T_- = R_0 S'_{yx} D^{*-1}, \quad (4)$$

де “*” – знак Ермітового спряження матриць.

Матриця взаємних спектральних щільностей S_{yx}

$$S_{yx} = (S_{ux}, S_{\Delta x}), \quad (5)$$

де $S_{\Delta x}$ – результат факторизації виразу $S_{x\Delta} S_{\Delta x}$, який входить до рівняння зв’язку

$$S_{x\Delta} S_{\Delta\Delta}^{-1} S_{\Delta x} = S_{xx} - S_{xu} S_{uu}^{-1} S_{ux}.$$

Для аналізу якості отриманих моделей використовується функціонал, який представляє собою дисперсію похибки ідентифікації вигляду:

$$e = \frac{1}{j} \int_{-j\omega}^{j\omega} [S'_{ee} R_0] ds \quad (6)$$

де S'_{ee} – спектральна щільність помилки ідентифікації.

Після виконання аналізу якості ідентифікації з використанням функціоналу (6) за необхідності відбувається спрощення (редукування) отриманих моделей. Оскільки моделі динаміки системи ДВПР та діючого збурення вже визначені, то є можливість приступити до наступного етапу: постановки та обґрунтування методу вирішення задачі синтезу оптимальної структури системи стабілізації потужності різання. Для

вирішення окресленої задачі найбільш доцільним є використання спектрального алгоритму синтезу.

Задача синтезу ставиться наступним чином: за відомими поліномами M , P та спектральною щільністю збурюючого впливу $S_{\psi\psi}$ визначити структуру та параметри такого фізично реалізуемого регулятора W_{pez} , щоб замкнута система «об'єкт + регулятор» була стійкою та досягав мінімуму функціонал якості стабілізації

$$e = Re_x + Ce_u = \frac{1}{j} \int_{-j\omega}^{j\omega} (RS_{xx} + CS_{uu}) ds, \quad (7)$$

де e_x, e_u, S_{xx}, S_{uu} – дисперсії та спектральні щільності відповідно сигналів x та u ;

R – ваговий невід'ємновизначений коефіцієнт, який характеризує чутливість до зміни дисперсії вихідної координати;

C – ваговий невід'ємновизначений коефіцієнт, який характеризує обмеження на величину дисперсії керуючого впливу.

Зміною вагових коефіцієнтів R та C досягається компроміс між необхідною якістю обробки та енергетичними витратами на її виконання.

Застосування алгоритмів ідентифікації, синтезу та аналізу потребує виконання значного обсягу математичних операцій. Тому на другому етапі для здійснення таких розрахунків створено спеціальні програмні комплекси з використанням сучасних систем для математичних обчислень.

Метою третього етапу є отримання моделей динаміки системи ДВПР ($W_{об}$) та збурюючого впливу $S_{\psi\psi}$. Вихідними даними для виконання цього етапу є записи вхідного $u(t)$ та вихідного $x(t)$ сигналів отримані в результаті проведення за спеціальною методикою натурних випробувань на стрічковій пилорамі в реальних експлуатаційних умовах. За результатами проведених досліджень виконується оцінка статистичних характеристик, визначаються спектральні щільності та взаємні спектральні щільності зазначених сигналів. Для проведення подальших розрахунків здійснюється апроксимація графіків спектральних та взаємних спектральних щільностей аналітичними виразами на класі дробово – раціональних функцій.

Після цього відповідно до обраного алгоритму [4] виконується структурна ідентифікація моделей динаміки системи ДВПР та збурюючого впливу.

Передаточна функція об'єкту (системи ДВПР) згідно обраного алгоритму має вигляд

$$W_{об}(s) = \frac{M(s)}{P(s)} = \frac{k(T_{1об}^2 s^2 + 2\zeta_{1об} T_{1об} s + 1)(T_{2об}^2 s^2 + 2\zeta_{2об} T_{2об} s + 1)}{(T_{3об}^2 s^2 + 2\zeta_{3об} T_{3об} s + 1)(T_{4об}^2 s^2 + 2\zeta_{4об} T_{4об} s + 1)}, \quad (9)$$

спектральна щільність збурення $S_{\psi\psi}$:

$$S_{\psi\psi} = \left| \frac{\sigma_m (T_{1\psi\psi}^2 s^2 + 2\zeta_{1\psi\psi} T_{1\psi\psi} s + 1)(T_{2\psi\psi}^2 s^2 + 2\zeta_{2\psi\psi} T_{2\psi\psi} s + 1)}{(T_{3\psi\psi}^2 s^2 + 2\zeta_{3\psi\psi} T_{3\psi\psi} s + 1)P(s)} \right|^2 \quad (10)$$

З метою прийняття рішення про подальше використання отриманих результатів здійснюється аналіз якості ідентифікації згідно обраного критерію (6) та за необхідності відбувається спрощення (редукування) математичних моделей.

На четвертому етапі згідно спектрального алгоритму [4] розраховується передаточна функція регулятора W_{pez}

$$W_{pez} = \frac{k(T_1^2 s^2 + 2\zeta T_1 s + 1)}{(T_2^2 s^2 + 2\zeta T_2 s + 1)} \quad (8)$$

та відбувається обчислення обраного показника якості e та його складових e_x, e_u .

Передаточна функція є простою та може бути легко реалізована засобами сучасної обчислювальної техніки.

На п'ятому етапі вирішуються наступні задачі:

- аналізу якості оптимальної системи стабілізації;
- визначення граничних рубежів якості системи з оптимальним регулятором.

Аналіз якості оптимальної системи передбачає:

- визначення спектральних щільностей та дисперсій вхідного та вихідного сигналів,
- обчислення показника якості в різних умовах експлуатації (при зміні фізико-механічних властивостей деревини, стану ріжучого інструменту),
- порівняльний аналіз якості традиційної та оптимальної системи,
- оцінку енергетичної ефективності розробленої системи.

Доставляючи мінімум квадратичному критерію якості вибором структури та параметрів регулятора, одночасно тим самим забезпечується певна грубість системи до зміни структури об'єкту управління або досягається робастність по відношенню до неструктурованих збурень. Тому питання про вплив зміни структури та параметрів об'єкту керування на якість процесу керування в оптимальній системі потребує подальших досліджень, задача яких формулюється як визначення класу неструктурованих збурень, вплив яких не призводить до втрати стійкості системи з оптимальним регулятором. Для цього виконуються дослідження робастної стійкості з використанням відповідних методів.

На шостому етапі виконується розробка методики реалізації оптимальної системи стохастичної стабілізації засобами сучасної обчислювальної техніки.

На останніх етапах необхідно здійснюється випробування розробленої системи в умовах виробництва та оцінка економічного ефекту від її впровадження.

Висновки. Обґрунтовано новий підхід та практична технологія спрямовані на забезпечення необхідної якості обробки деревини на стрічкопилковому верстаті з роздільним приводом при мінімізації енергетичних витрат, які відрізняються від відомих тим, що максимізація якості процесу керування обробкою на верстаті зазначеного класу відбувається за рахунок створення оптимальної системи стохастичної стабілізації потужності різання, структура та параметри якої визначаються на основі вихідних даних отриманих в реальних умовах функціонування обладнання.

Реалізація запропонованої технології дозволила встановити, що моделі динаміки системи ДВПР представляють собою диференційні рівняння не вище четвертого порядку, а збурюючий вплив, що діє в системі в реальних експлуатаційних умовах, являє собою випадковий стаціонарний процес з нульовим математичним очікуванням та дробово-раціональною спектральною щільністю [6]. При зміні властивостей деревини та стану ріжучого інструменту порядок диференційного рівняння, яке описує систему ДВПР, а також структура спектральної щільності діючого збурення залишаються незмінними, змінюються лише коефіцієнти зазначеного рівняння та параметри спектральної щільності. Використання обґрунтованого показника "якість обробки – енергетичні витрати" для вирішення задачі синтезу оптимальної стохастичної системи стабілізації потужності різання при обробці на стрічковій пилорамі з роздільним приводом дозволило досягти компроміс між якістю обробки та енергетичними витратами на її виконання за допомогою зміни вагових коефіцієнтів[7].

Список літератури

1. Волынский В. Н. Первичная обработка пиломатериалов на лесопильных предприятиях /Волынский В.Н., Пластинин С.Н. – М.: Ризл-пресс, 2005. – 397 с.
2. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: [учебник для вузов] / [Корытин А.М., Петров Н.К., Радимов С.Н., Шапарев Н.К.]. – [2-изд., перераб. и доп.]. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.
3. Струтинський В.Б. Математичне моделювання металорізальних верстатів: [монографія]/ Струтинський В.Б., Мельничук П.П. – Житомир: ЖІТІ, 2002 – 570 с.
4. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: [монография] / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С.; под ред. Л.Н. Блохина. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. – 400 с.
5. Ньютон Дж. К. Теория линейных следящих систем/ Ньютон Дж. К., Гулд Л.А., Кайзер Дж. Ф.; пер. с англ. Ю.П. Леонова, С.Я. Раевского; под ред. А.М. Летова – М.: Наука, 1961. – 407 с.
6. Осадчий С.І. Динаміка системи «деревообробний верстат-процес різання в реальних експлуатаційних умовах» / С.І. Осадчий, І.А. Шаповалова // Вісник Хмельницького національного технічного університету. - 2007. - №3. - Т.1. – С. 26-29.
7. Осадчий С.І. Підвищення енергетичної ефективності обробки деревини за рахунок оптимального управління приводом подачі / С.І. Осадчий, В.Ф. Гамалій, І.А. Шаповалова // Збірник наукових праць КНТУ. - 2008 - Вип. 20 - С. 220 – 226.

Sergiy Osadchiy, Irina Berezuk, Konstantin Nedopyokin

Kirovograd National Technical University

Methodology and stages of providing of maximal quality of process of management by sawing of wood on band frame saw

The article is devoted to development of new scientifically based methodology of construction of the optimum system of stochastic stabilization of power of cutting on the basis of the results of structural identification of the system “woodworking machine-tool - process of cutting”(WPC) and nature indignations.

For the decision of task of structural identification of the system WPC and operating in the process of treatment indignation special technology, algorithmic and program providing were developed. The use of the offered technology allowed to define a transfer function WPC and to estimate the spectral density of indignation. It is set, that at the change of properties of wood and state of cutting instrument the structure of transfer function and spectral density does not change, and parameters change only.

A structure and parameters of optimum regulator which provides the set quality of the processed surface with minimum power charges is got. The realization of the offered regulator is carried out by facilities of analog and digital technique.

band frame saw, structural identification, spectral density, transfer function, criterion of quality, stochastic indignations, optimum system of stochastic stabilization

Одержано 20.04.15