

УДК 655.3.028+004

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ІЄРАРХІЧНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА КОНВЕЄРНОЇ СУШАРКИ

І.Т. Стрепко, Б.В. Федина, Р.І. Стахів

Українська академія друкарства, Вул.Підголюско, 19, Львів, 79020, Україна

Розглянуто теоретичні аспекти енергетичної динамічної взаємодії при сушінні поліграфічної продукції різними типами термоперетворювачів. Показано, що висока якість управління процесом сушіння досягається на підставі методу структурної інтеграції системи ієрархічного управління.

Ключові слова: *система, ієрархія, агрегат, структура, модель, процес сушіння.*

Постановка проблеми. На підставі аналізу існуючих технологій сушіння поліграфічної продукції різної структури і параметрів, фізико-хімічних властивостей їх компонент можна зробити висновок, що існуючі моделі не забезпечують ефективне використання теплової енергії при сушінні. Тому актуальною є задача створення методів формування теплового поля з ефективним розподілом термодинамічного потенціалу, який забезпечив би високу ефективність і якість продукції [1,3,5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботах [1,3] обґрунтовано моделі термодинамічної взаємодії в процесі сушіння поліграфічної продукції в режимах конвективного та радіаційного обміну теплової енергії. На основі проведеного аналізу [5] показано, що для підвищення ефективності використання ресурсів необхідно розробити модель та концепцію структуризації поля та термодинамічної взаємодії відповідно до вимог конкретної продукції та технологічного режиму. Аналіз динаміки радіаційного обміну та джерел випромінювання потоків фотонів з великою енергією показав важливість використання оптичних генераторів потоків випромінювання в інфрачервоній, ультрафіолетовій та RGB видимих областях за рахунок концентрації променевої енергії і структури (просторової) променя [2]. Тому важливим завданням є розроблення нових методів в процесах сушіння, які ґрунтуються на створенні відповідної структури теплового поля в заданих координатах сушильного агрегата.

Мета статті. Проаналізувати структуру та режими агрегованої системи сушіння поліграфічної продукції, оцінити її ієрархічну організацію та склад агрегатів, ідентифікувати режими, синтезувати оптимальні стратегії управління термодинамічним режимом на підставі ідентифікації параметрів компонент поліграфічної продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. На різних етапах поліграфічного виробництва матеріали, компоненти виробів, напівфабрикати піддаються тепловій обробці (сушінню). Ці технологічні процеси мають ієрархічну агреговану структуру. Для розв'язання задач управління такими процесами необхідно структуризувати проблемну задачу на підставі системного аналізу, що дає можливість впорядкувати ієрархію об'єкта і системи керування [4,5,6,7].

В роботі авторів [5] обґрунтована концепція та модель термодинамічної взаємодії об'єкта сушіння з тепловим полем, яке створюється джерелами енергії (радіаційна і конвективна). Згідно з цією концепцією розроблена структурна модель ієрархічної інтегрованої системи управління процесом сушіння (рис. 1), в якій можна виділити наступні рівні ієрархії:

S_0 – страта, яка визначає агрегатний рівень матеріалів і компонентів;
 S_1 – страта, яка визначає технологічний рівень підготовки матеріалів до друку;
 S_2 – страта агрегатного рівня в ієрархії процесів і технологій друкарських процесів та база знань параметрів і властивостей матеріалів і компонент;

S_3 – страта агрегатного рівня виконання друкарських процесів і технологій в (A_{33}, A_{34}, A_{35}) – агрегатах;

S_4 – страта агрегатного рівня конвеєрної сушарки поліграфічної продукції з використанням термодинамічних процесів теплопереносу і взаємодії в середовищі сушарки;

S_5 – страта інформаційно-вимірювальної системи з просторово-розподіленим відбором даних на всіх етапах технологічного процесу;

S_6 – автоматизована система управління процесом сушіння поліграфічної продукції;

S_7 – стратегічний рівень, який включає оперативне управління, координацію, систему підтримки прийняття рішень (СППР).

Для побудови такої системи необхідно розробити:

- інформаційну технологію відбору і опрацювання даних про стан об'єкта;
- модель системи управління з набором стратегій;
- моделі об'єктів і компонент технологічного процесу;
- інформаційну структуру СППР;
- моделі термодинамічної взаємодії «джерело теплової енергії – об'єкт».

Залежно від ступеня участі людини у виконанні системою функцій використовують два способи управління: автоматизований (САУ) з участю людино-машинного комплексу і СППР; і автоматичний (АСУТП).

На людину в АСУТП, яка є оператором, покладаються функції інтелектуального характеру. Ці функції не може виконати автомат (процесор) при відсутності формалізованої процедури управління або координації. Оператор завжди виконує функцію інтелектуального процесора, який виконує управлінські дії в умовах відмови системи автоматичного управління.

Автоматизований спосіб (САУ) реалізації управляючих функцій характеризується участю людини-оператора у виробленні і прийнятті рішень та їх реалізації через командні пристрої виконавчих механізмів.

Відповідно до цього можливі наступні варіанти виконання управлінських дій (режими):

1. Інформаційний режим. У цьому режимі автоматична система АСУТП виконує управляючі дії, а корекції режиму відбуваються за рахунок операторів на підставі інформації від інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) в структурі АСУ з можливістю ручного управління виконавчими механізмами. Дані від ІВС

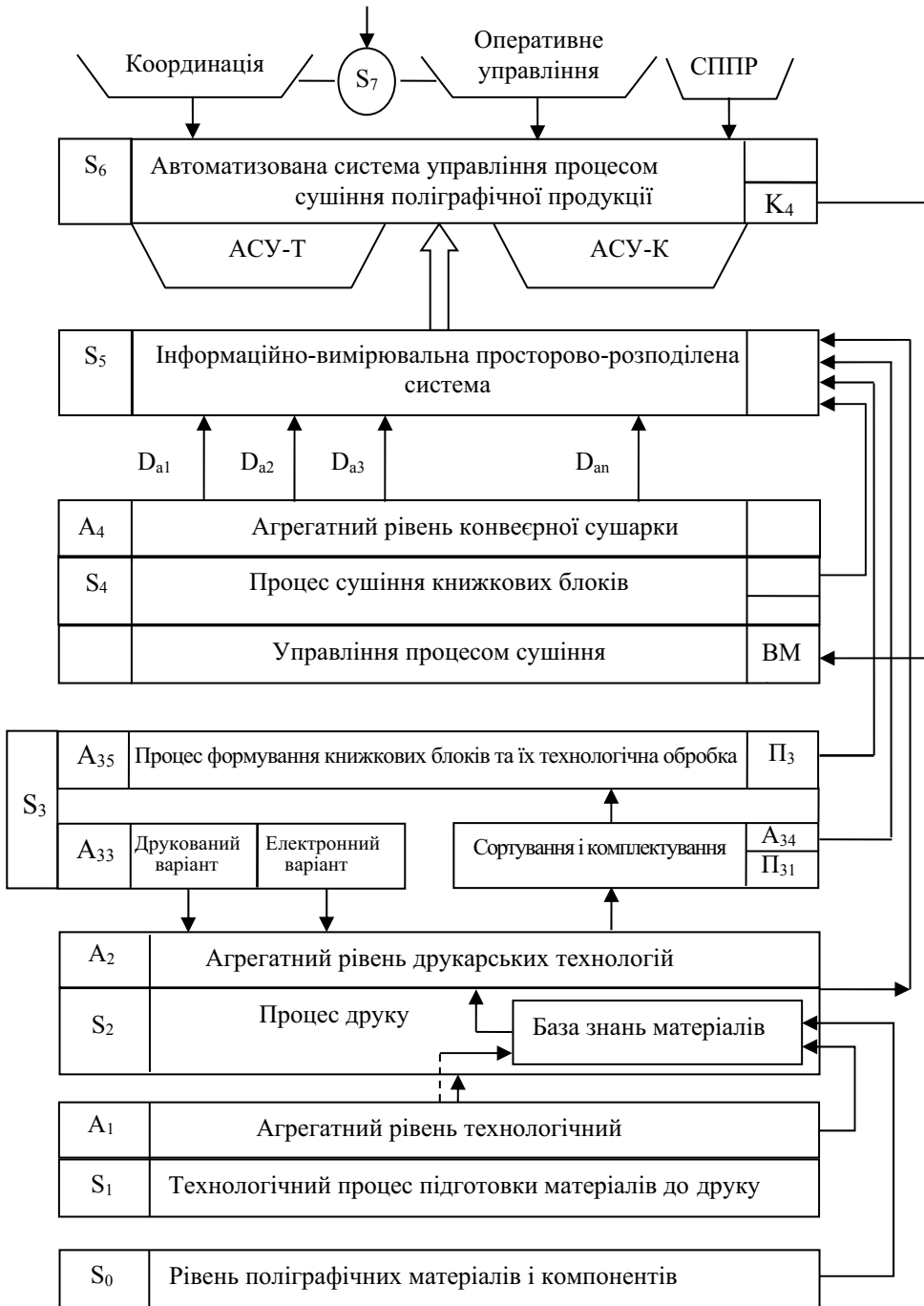


Рис. 1. Структурна модель ієрархічної інтегрованої системи управління процесом сушіння

АСУ обробляються процесором відбору і опрацювання даних, і на їх основі згідно логіки та алгоритмів управління формуються команди. Дані про стан об'єкта також передаються на верхній рівень ієрархії управління. Наведемо схему інформаційного режиму АСУ (рис. 2).

2. Режим порадника оператора. У цьому режимі СППР на основі експертних оцінок даних від ІВС, експертної системи, бази даних (БД) і бази знань (БЗ), формує координуючі і коректуючі дії, як основу прийняття рішень на управління для оператора і оптимізації режимів функціонування технологічного об'єкта (рис. 3).

4. Діалоговий режим СППР. У такому режимі управління оператори в діалозі з АСУТП, ІВС, СППР може коректувати режим роботи, адаптувати до дії факторів збурень, коректувати задачі, мету і режим функціонування об'єкта управління. Відповідно АСУТП реалізує автоматичний режим управління об'єктом в структурі агрегатної технологічної системи.

Для забезпечення ефективного управління технологічним процесом необхідно мати відомості про структуру і динаміку агрегатів і параметри та характеристики компонент технологічного процесу.

Згідно цих відомостей про структуру динаміки об'єкта і мету його функціонування формуються стратегії управління, алгоритми і логіка прийняття рішень.

Об'єкти управління технологічного виробництва мають стратифіковану n-рівневу структуру технологічного процесу і складний компонентний набір матеріалів, які використовуються для створення і обробки продукції. На рис. 4 зображена схема стратифікованого об'єкта управління, де (P_E, P_K, P_R) – потоки енергії, компонент, ресурсів; (S_1, \dots, S_n) – рівень страт; (θ_i) – параметри стану; (U_p, \dots, U_{Ri}) – управління потоками і режимом.

Для оцінки стану, параметрів об'єкта та побудови моделей структури і динаміки використовують процедури та методи ідентифікації, планування експериментів.

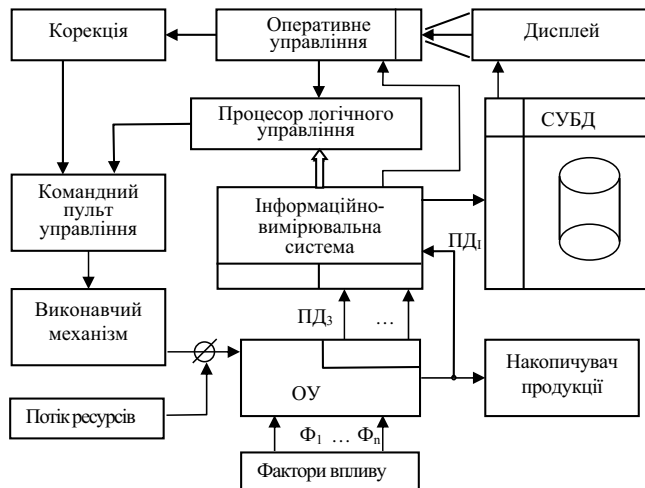


Рис. 2. Схема інформаційного режиму управління

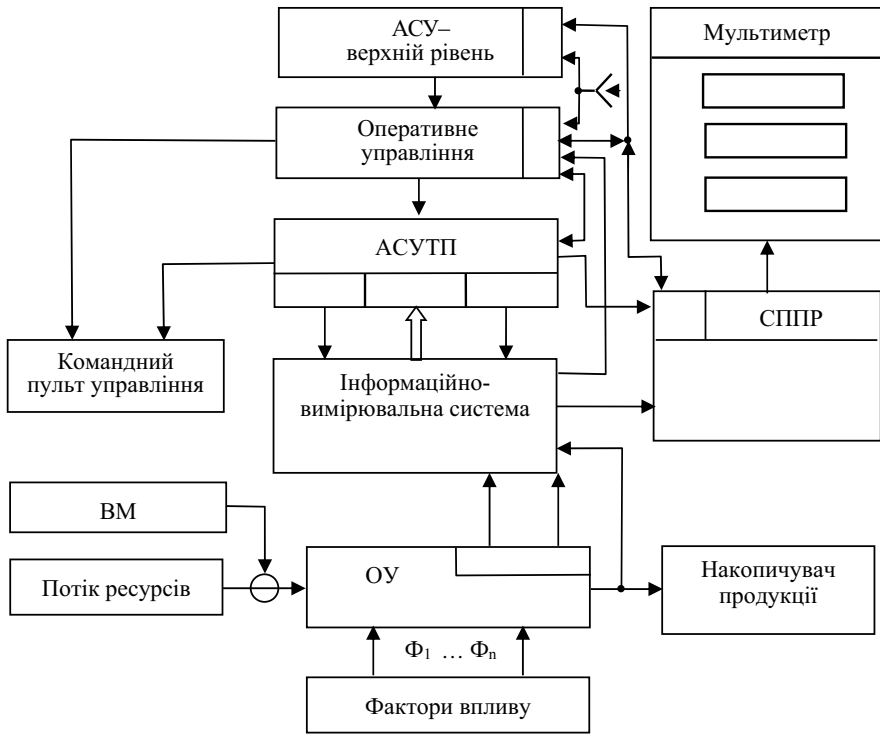


Рис. 3 Схема управління з використанням СППР

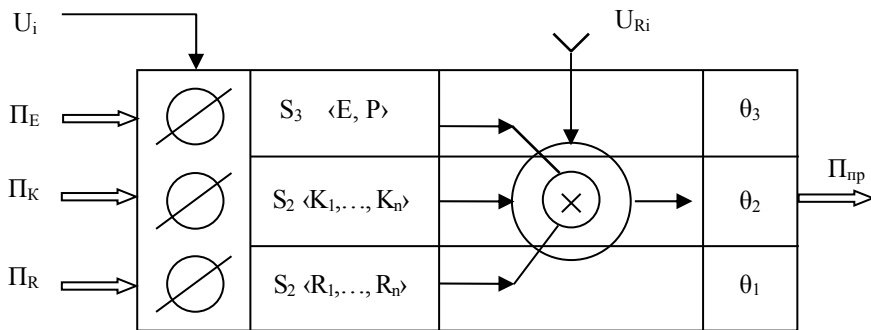


Рис. 4 Схема стратифікованого об'єкта управління

Класична схема ідентифікації. На підставі проведених експериментів при заданих вхідних діях одержуємо записи вихідних даних в часовій формі. З цих даних обчислюємо перехідну функцію як модель представлення динаміки об'єкта з використанням перетворення Лапласа (рис. 5).

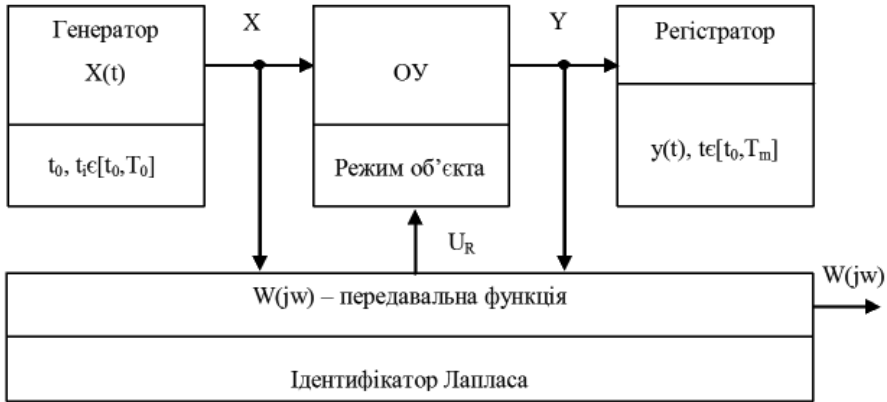


Рис. 5 Класична схема ідентифікації

Передавальна функція на підставі перетворення Лапласа задається у вигляді:

$$W(jw) = \lim_{p \rightarrow jw} \frac{y(p)}{u(p)} = \lim_{p \rightarrow jw} \frac{\int_0^{\infty} y(t) \exp(-pt) dt}{\int_0^{\infty} x(t) \exp(-pt) dt}, \quad (1)$$

відповідно в експеримент $t \in [t_0, T_m < \infty]$. Числове представлення методу має вигляд:

$$W(jw) = \frac{AC + BD}{C^2 + D^2} + j \frac{AD - BC}{C^2 + D^2}, \quad (2)$$

$$\text{де } A = \int_{t_0}^T y(t) \cos wt dt, \quad B = \int_{t_0}^T y(t) \sin wt dt; \quad C = \int_{t_0}^T x(t) \cos wt dt, \quad D = \int_{t_0}^T x(t) \sin wt dt.$$

Відповідно імпульсна перехідна функція задається у вигляді

$$H(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(jw) e^{jw t} dw = \frac{1}{\pi} \int_0^{T_m} \left[\left(\frac{AC + BD}{C^2 + D^2} \right) \cos wt - \left(\frac{AD - BC}{C^2 + D^2} \right) \sin wt \right] dw. \quad (3)$$

На підставі процедури ідентифікації формується однорівнева структура математичних моделей об'єкта управління. Моделі режимної динаміки об'єкта характеризують поведінку об'єкта в реальному часі процесу управління. Виділимо основні типи моделей об'єкта на підставі передавальної функції

$$M_1 : W(p) = k_0 \frac{\exp(-p\tau)}{1 + T_0 p}; \tau \in T_0, \quad (4)$$

де k_0 – коефіцієнт підсилення, τ – запізнення, T – стала часу.

$$M_2 : W(p) = k_0 \frac{\exp(-p\tau)}{(1+T_0p)p} ; \tau_0 < T, \quad (5)$$

$$M_3 : W(p) = k_0 \frac{\exp(-p\tau)}{p^2 + ap + b}. \quad (6)$$

Метод найменшиз квадратів для оцінки параметрів типових моделей об'єктів управління [6,7].

Структура моделі об'єктів управління таїх динаміки може бути представлена через набір класі типових передавальних функцій, які описують технологічні об'єкти різного рівня агрегації і стратифікації. Для передавальної функції об'єкта управління виду $W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = k_0 \frac{\exp(-p\tau)}{1+T_0p}$, диференціальне рівняння динаміки в поточному часі має вигляд

$$T_0 \frac{d(y(t) - y_0)}{dt} + y(t) - y_0 = k_0 (x(t - \tau) - x_0), \quad (7)$$

а в різницевої формі

$$\frac{T_0(y_{i+1} - y_i)}{T} + y_i - y_0 = k_0(x_{i-k+1} - x_0), \quad (8)$$

звідси модель траєкторії стану в часі має вигляд

$$y_{i+1} = \frac{T}{T_0} k_0 (x_{i-k+1} - x_0) - \frac{T}{T_0} (y_i - y_0) + y_i. \quad (9)$$

Відповідно різницю між експериментальними і обчисленими даними представимо у вигляді

$$R_i = y_i - k_0 \frac{T}{T_0} (x_{i-k} - x_0) + \frac{T}{T_0} (y_{i-1} - y_0) - y_{i-1}, \quad (10)$$

тоді критерій помилки виразиться

$$I_d = \min_{T_m} \left(\sum_{i=1}^n \left[y_i - y_{i-1} - k_0 \frac{T}{T_0} (x_{i-k} - x_0) + \frac{T}{T_0} (y_{i-1} - y_0) \right]^2 \right), \quad (11)$$

або у вигляді

$$I_d = \sum_{i=1}^n (AX_i + BY_i + Y_i')^2, \quad (12)$$

де $A = -k_0 \frac{T}{T_0}$, $B = \frac{T}{T_0}$, $X_i = x_{i-k} - x_0$, $Y_i = y_{i-1} - y_0$, $Y_i' = y_i - y_{i-1}$,

тоді маємо

$$\left(\min_{T_m} I_d \rightarrow \Delta\zeta \geq 0 \right) \equiv \left[\left(\frac{\partial I_d}{\partial A} \right) = \left(\frac{\partial I_d}{\partial B} \right) = 0 \pm \Delta\zeta \right] \quad (13)$$

Для кожного об'єкта з агрегатованою і стратифікованою ієрархічною структурою синтезується набір моделей агрегатних перетворень технологічно-

го процесу і формується загальна модель керованого і спостережуваного об'єкта управління

$$M_{OU} = \left(M \left(W_P^i \Big|_{i=1}^n \right), M \left(\Theta_i \Big|_{i=1}^n \right), M \text{ strat} U_i \right), \quad (14)$$

де $M \text{ strat} U_i$ – базисні стратегії управління.

Виходячи з [1,3,5], на підставі концепції агрегації і ієрархії для кожної компоненти агрегата в структурі об'єкта управління (сушарки) визначають модель перехідної і імпульсної характеристики та їх параметри. Відповідно оцінюється необхідний термодинамічний (енергетичний) режим сушіння поліграфічної продукції та визначаються енергетичні параметри теплового поля і його просторова структура [5], вибираються режими системи управління (САР температури, САР конвеєрного транспортера) та стратегія координації для СППР.

Висновки. На підставі проведеного аналізу показано, що розв'язання задачі якісного сушіння продукції повинно ґрунтуватись на синтезі відповідно до об'єкта, структури джерела енергії з комплексним використанням різних типів перетворювачів та системи ефективного управління процесом сушіння на підставі методу структурної інтеграції. Для розв'язання задачі оптимізації технологічного процесу необхідно побудувати комплексну структурну схему об'єкта сушіння, провести ідентифікацію параметрів на основі рівняння термодинаміки процесу обміну для кожного типу джерела, з врахуванням структури та конструкції як об'єкта так і сушарки. На підставі термодинамічних режимів вибирається стратегія координації для САР температури і САР конвеєрного транспортера.

Список використаних джерел

1. Шот Р.І. Теплові процеси в поліграфії: Навчальний посібник/ Р.І. Шот, І.Т. Стрепко– Львів: УАД; Фенікс, 1998. – 202 с.
2. Справочник по лазерной технике – М.: Энергоатомиздат. 1991, – 544 с.
3. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
4. Сікора Л.С. Когнітивні моделі формування стратегій оперативного управління інтегрованими ієрархічними структурами в умовах ризиків і конфліктів / Л.С.Сікара, Б.В. Дурняк, М.С. Антоник, Р.Л. Ткачук – Львів: УАД, 2013. – 449 с.
5. В. Durnjak, I. Strepko, B.Fedyna. Information energy diagrams of thermodynamic interaction at drying of printed products. – Acta poligraphica, №5. – Warszawa, 2015.-P. 9-13.
6. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов / А.М. Дейч. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
7. Автоматика и управление в технических системах: В 11 кн. / Отв.ред. С.В. Емельянов, В.С. Михалевич. – К.: Вища шк. 1990. – Кн. 2. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами / В.Н.Киричков; Под ред. А.А. Краснопрошиной. – 263 с.

References

1. Shot R.I. (1998), Teplovi procesy v poligrafiji: Navchalnyj posibnyk/ R.I. Shot, I.T. Strepko– L`viv: UAD; Feniks. – 202 s. (in Ukrainian)
2. Spravochnik po lazernoj tehnike (1991), – M.: Jenergoatomizdat. – 544 s. (in Russian)
3. Lykov A.V. (1968), Teorija sushki / A.V. Lykov. – M.: Jenergija. – 471 s. (in Russian)
4. Sikora L.S. (2013), Kognityvni modeli formuvannya strategij operatyvnoho upravlinnya integrovanyimi iyerarkhichnymy strukturamy v umovakh ryzykiv i konfliktiv / L.S.Sikora, B.V. Durniak, M.S. Antonyk, R.L. Tkachuk – L`viv: UAD. – 449 s. (in Ukrainian)
5. B. Durnjak, I. Strepko, B.Fedyna. (2015), Information energy diagrams of thermodynamic interaction at drying of printed products. – Acta poligraphica, №5. – Warszawa.-P. 9-13 (in Polish)
6. Dejch A.M. (1979), Metody identifikacii dinamicheskikh objektov / A.M. Dejch. – M.: Jenergija. – 240 s. (in Russian)
7. Avtomatika i upravlenie v tehniceskikh sistemah: V 11 kn. (1990) / Otv.red. S.V. Emel`janov, V.S. Mihalevich. – K.: Vyshha shk. – Kn. 2. Identifikacija ob`ektov sistem upravlenija tehnologicheskimi processami / V.N.Kirichkov; Pod red. A.A. Krasnoproshinoj. – 263 s. (in Ukrainian)

DEVELOPMENT OF MODEL OF HIERARCHICAL SYSTEM FOR ENVIRONMENT AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL OF A CONVEYOR DRYER

I.T.Strepko, B.I.Fedyna, Stakhiv R.I.

Ukrainian Academy of Printing 19, Pid Holoskom St., Lviv

The article presents the theoretical aspects of energy dynamic interaction when drying printed products by various types of thermo transformers. It is shown that the high quality of drying process control is achieved on the basis of the method of structural integration of hierarchical control system.

Keywords: *system, hierarchy, unit, structure, model, drying process.*

Стаття надійшла до редакції 11.02.2015

Received 11.02.2015