

## ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

**Abstract.** On the example of the Mutoh ValueJet 1624 plotter, the basic parameters that affect the quality of products are experimentally determined. The design and simulation of a temperature regulator for this device is carried out. A functional model of the controller and a scheme of functioning of the intelligent control system, which includes this type of regulators, are constructed.

**Keywords:** intelligent control systems, artificial neural networks, neuro regulator, functional model, modeling.

### Вступ.

Одним з важливих технологічних показників якості друку є чіткість зображення особливо при друці з рулону в рулон. Явище відмарювання, яке при цьому виникає може зменшити якість готової продукції, що в свою чергу призведе до фінансових втрат. Щоб мінімізувати даний ризик, слід намотувати в рулон віддрукований матеріал після повного його висихання [1].

В Mutoh ValueJet 1624 передбачено три етапи сушіння та нагріву (рис. 1). Після розмотування з рулону матеріалу, він попередньо нагрівається першим нагрівним елементом HE1 та надходить через систему подачі (1 – вал подачі – прижимний вал) в зону друку, де друкуюча голова 2 наносить фарбу в той же час другий нагрівний елемент HE2 підігріває матеріал в зоні друку. Для сушіння задрукованого матеріалу використовується третій нагрівний елемент HE3, що слугує фінальним сушильним агрегатом [2].

Проте, регулювання температури даних елементів є дуже відносно та знаходиться в певних межах, що не залежать від інтенсивності накладання фарби на матеріал.

Виходячи з цього слід зауважити, що в рамках автоматизованої системи керування необхідно зреалізувати, взаємозалежність між регулюванням температури нагрівних елементів, та заповненістю фарбою матеріалу [1, 3].

Слід також звернути увагу на тип матеріалу, що задруковується, щоб врахувати його властивості при висиханні за різних температур.

### Виведення експериментальних залежностей при сушінні.

Сушіння задрукованого матеріалу (закріплення на матеріалі фарби) — виконується з метою повністю виключити виникнення дефектів, пов'язаних зі змазуванням шару фарби. Але різні за товщиною і площею накладання шарів фарби потребують й різного часу сушіння або температури за якої фарба набуде твердого стану [4].

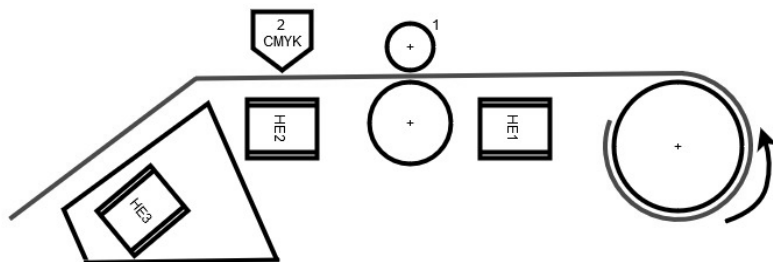


Рис. 1. Система нагріву та сушіння в Mutoh ValueJet 1624

Для визначення залежності між температурою нагрівних елементів та заповненістю фарбою матеріалу проведено ряд експериментальних досліджень. Використано тестові макети в кольоровій гамі {С, М, Y, К}, розкид заповнення фарбою від {15, 15, 15, 15} до {70, 70, 70, 70}. Температурні показники фіксувались з 10 до 50 °С. Оскільки до 20°С – це температура яка може коливатись у виробничому цеху, при цьому можна не вмикати нагрівні елементи, то фіксація показників недоцільна. Віддруковано 6 відбитків з різним заповненням фарбою, при кожній точці температури. Отримані результати наведено в таблиці 1.

На основі наведених даних побудовано графік залежності температури нагріву від заповненості фарбою матеріалу (рис.2).

Таблиця 1

Залежність температури сушіння від заповненості фарбою

Значення температури	Заповненість матеріалу фарбою
10°	0
15°	0
20°	0
25°	60%
30°	100%
35°	150%
40°	200%
45°	240%
50°	280%

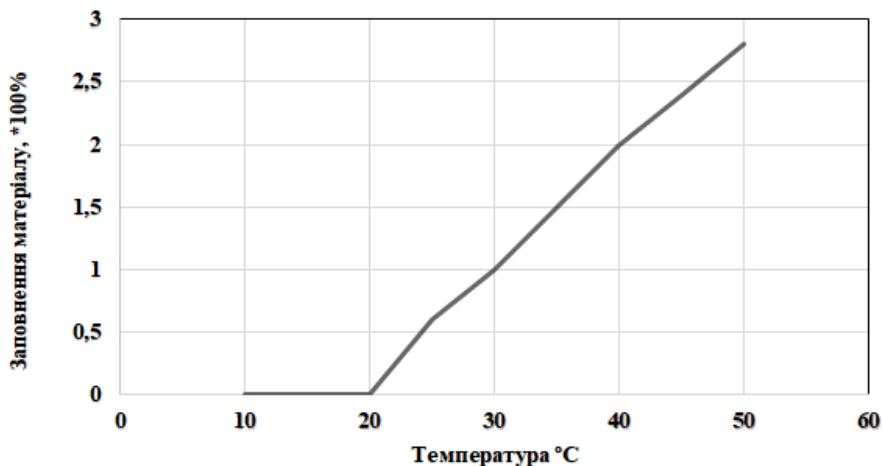


Рис.2. Залежність температури нагріву від заповненості фарбою матеріалу

В таблиці 2 наведено параметри заповненості матеріалу фарбою, температуру та час у відносних одиницях (для зручності оперування значеннями) який необхідний для нормального висихання (відсутнє явище відмарювання) фарби. Температуру прийнято усталеною 35°C. Зазвичай саме на такій температурі перцює полоттер у виробничому, такий же температурний показник слід застосувати для параметрів нейрорегулятора при моделюванні.

Таблиця 2

Залежність температури сушіння та заповненості від часу

Значення температури, °C	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Заповненість матеріалу фарбою, %	25	35	40	60	100	150	200	240	280
Час висихання, с	3	3	3	4	5	6	7	9	10

Згідно показників наведених у таблиці 2, побудовано графік (рис.3) залежності часу висихання матеріалу від заповненості його фарбою, при сталій температурі нагрівних елементів пристрою.

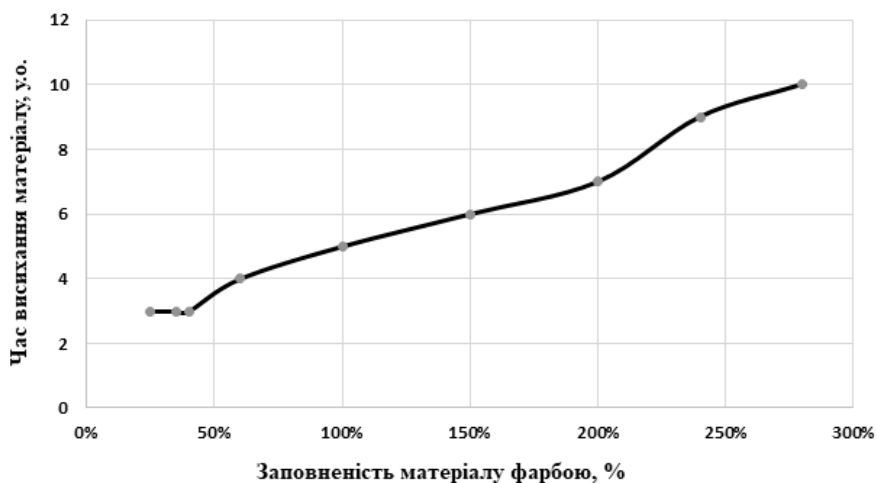


Рис. 3. Залежність часу висихання матеріалу від заповненості його фарбою, при сталій температурі нагрівних елементів.

Також параметром який слід враховувати при проектуванні системи управління є тип матеріалу, що задруковується.

В таблиці 3 зведено параметри сушіння в залежності від типу матеріалу, що задруковується, час висихання наведено в умовних одиницях. Температуру прийнято на усередненому рівні. Матеріали умовно розділено, згідно із зазначеними на сайті виробника, на: матеріали що мають спеціальне покриття та без нього.

Таблиця 3

Залежність часу сушіння від типу матеріалу

Значення температури, °С	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Заповненість матеріалу фарбою, %	25	35	40	60	100	150	200	240	280
Тип матеріалу: <i>із спеціальним покриттям, с</i>	3	3	3	4	5	6	7	9	10
<i>без покриття, с</i>	4	4	4	5	8	11	12	14	15

На основі наведених параметрів побудовано графіки залежностей (рис. 4), для більш наочного подання результатів, виведено окремо залежності для матеріалу з покриттям (крива (а)) та для матеріалу без покриття (крива (б)).

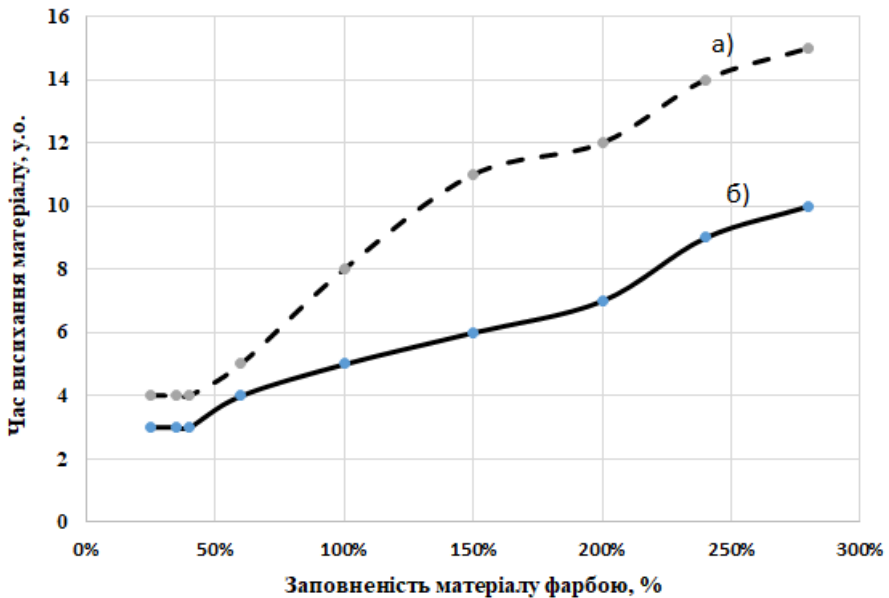


Рис.4. Залежність часу сушіння від типу матеріалу: а) матеріал із спеціальним покриттям; б) матеріал без покриття.

З графіків залежностей, та таблиць, визначено параметри від яких залежатиме процес регулювання. На них необхідно звертати увагу при проектуванні інтелектуально системи управління (ІСУ).

Прийнято до уваги й той факт, що наповненість відбитка фарбою та тип матеріалу відіграє ключову роль при регулюванні температури нагрівних елементів, тобто власне самого процесу сушіння.

### **Виведення експериментальних залежностей при сушінні**

На основі проведеного аналізу визначено основні параметри для проектування ІСУ, дані параметри властиві й іншим агрегатам друкарського цеху, які виконують функцію друкування.

Керувати температурним режимом можна декількома способами: змінюючи одночасно температуру всіх нагрівних елементів за одним принципом, відповідно до цього показники температури будуть однаковими на всіх елементах. Витрати енергії при цьому будуть не оптимізовані, а температура в певних точках недоцільно завишатиметься.

Натомість, систему можна реалізувати з незалежними (паралельним) регулюванням кожного елемента нагріву.

На основі рівнянь матеріальних балансів (1), із застосування лінеаризації й перетворень Лапласа, виведено наступну передатну функцію

каналу керування [5]:

$$W(p) = \frac{1.54}{10.64p + 1} e^{-9.2p} \quad (1)$$

Оскільки найважливішим показником якості системи керування є точність, то в якості параметра ефективності системи керування обирали мінімум середньоквадратичного відхилення. Синтез параметрів регулятора прийнято оптимізувати та налаштувати на принципі дії ПІД-регулятора в інтерактивному режимі із використанням середовища Matlab: Simulink – Control System Toolbox.

Існує декілька способів використання нейронних мереж у системах керування [6]. Одним з найпростіших є системи нейроуправління, у яких навчання нейроконтролера відбувається на прикладах динаміки роботи звичайного контролера із застосуванням зворотнього зв'язку. За основу прийнято схему ПІД-управління.

Після навчання нейронна мережа досить з високою точністю реалізує функції необхідного контролера й включається в систему керування як вихідний регулятор.

Для реалізації даного типу регулювання необхідний вихідний контролер який вже налаштовано на роботу агрегатів та обладнання. Отриманий нейроконтролер стає більш економічно вигідним, адже інтегрує обладнання у виробничий комплекс керування виробництвом.

Окрім того, отриманий після завершення навчання нейроконтролер забезпечує кращу якість управління, ніж стоковий регулятор пристрою.

Для подальшого удосконалення керування температурою, враховуючи інерційність об'єкт керування, Застосовано додаткове навчання ШНМ в процесі роботи контролера.

Архітектура нейронної мережі складається з двох шарів та 20 нейронів прихованого шару. Для реалізації та тестування ШНМ використано платформу для математичного моделювання Matlab з використанням розширеної бібліотеки Neural Network Toolbox, яка дозволяє побудувати нейронну мережу бажаного типу [7]. Інтерфейс програми наведено на рис. 6:

Навчання нейронної мережі проводилось на навчальній вибірці, яка отримана при дослідженні дії на об'єкт управління випадкових збурень.

Розмір вибірки становить 2879 точок для навчання та 960 точок для перевірки та тестування ШНМ. Вхідному значенню відповідають значення похибки, цільовому значенню – вибірка керуючих впливів, які надсилає регулятор.

Отриману ШНМ відмодельовано в системі Matlab:Simulink (рис. 7) та побудовано графік перехідного процесу (рис. 8).

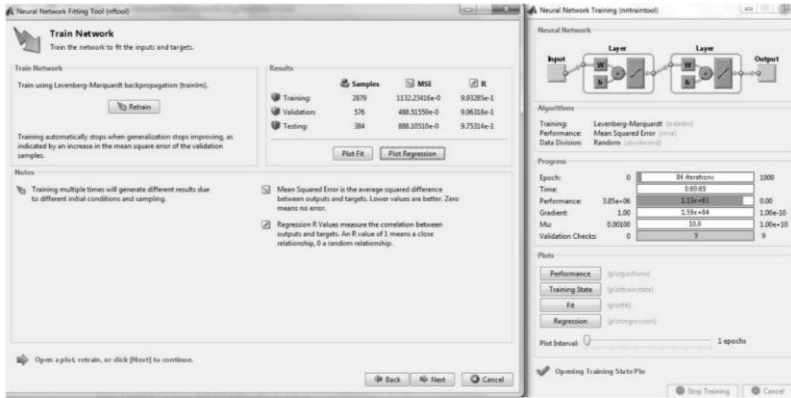


Рис. 6. Інтерфейс nftool Matlab, результати навчання ШНМ



Рис. 7. Функціональна схема моделювання систем керування з ШНМ в Simulink.

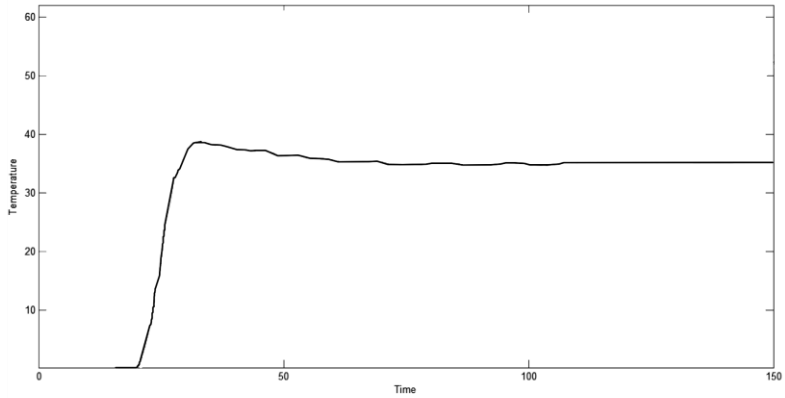


Рис. 8. Графік перехідного процесу.

Важливо зазначити, що застосування нейромереж не завершується лише регулятором температури, адже для оптимального вибору та встановлення температурного режиму для друкування, проводиться додаткове моделювання параметрів необхідних для забезпечення якості готової продукції [8, 9, 10].

Для цього в аналітичному апараті ІСУ, який зв'язаний з базою даних БД (рис. 9) проводиться прогнозування для робочого завдання, та на основі параметрів щодо замовлення (насиченість фарбою, матеріал, та ін. технічні характеристики) проводиться вибір оптимальної температури для сушіння, причому температура регулюється зонально (для кожного нагрівного елемента окремо) виконавчими регуляторами Пр1, Пр2, Пр3.

Об'єкт управління ОУ перебуває під постійним контролем серії давачів Д, що контролюють необхідні параметри, щоб забезпечити якісне регулювання із врахуванням інерційності об'єкта.

Ще одним важливим елементом, який входить в керуючий пристрій КП є пристрій сервісного менеджменту Пм. Оскільки, система може функціонувати без переналадження оператором, тривалий час, то з метою запобігання фінансових втрат через зниження якості продукції, пристрій фіксує кількість звернень системи керування до регулюючих пристроїв, якщо кількість таких звернень різко зростає, то система фіксує помилку обладнання та надсилає повідомлення на центральні пульта керування.

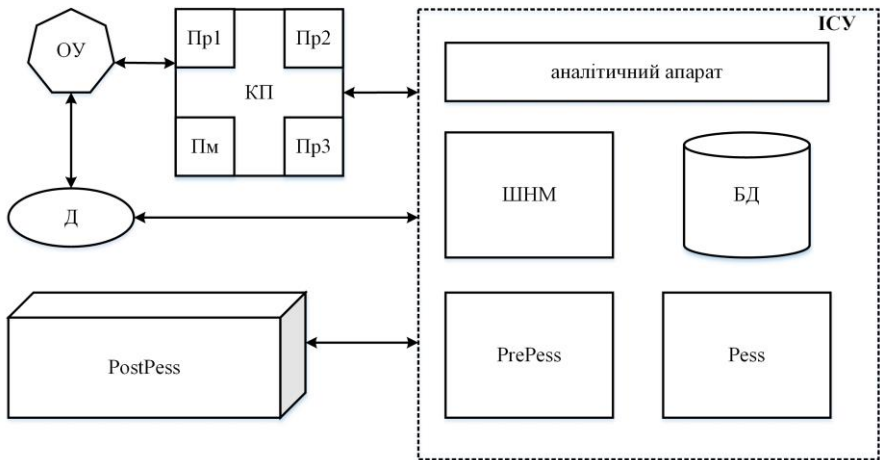


Рис. 9. Схема функціонування ІСУ з нейрорегулятором

База даних БД, яку використовує АСК – це розширена та доповнена база даних підприємства, яка привнесенні до неї параметрів роботи, бажаної реакції обладнання на них та способи виправлення тих чи інших збоїв в роботі, слугує ще й і базою знань системи управління [1].



Для взаємодії системи діагностики з реляційними базами даних, формування запитів, захисту інформації, оновлення, керування та контролю за доступом за результатами аналізу використано структуровану мову запитів – SQL.

### **Висновки**

В результаті дослідження експериментальним шляхом визначено параметри які має враховувати ІСУ для створення управляючої дії на температурний об'єкт.

Проведено моделювання в середовищі Matlab нейрорегулятора, який використовує ПД-регулятор при навчанні. Отримано перехідну характеристику, яка свідчить про роботоздатність нейрорегулятора із закладеними функціями.

Побудовано схему функціонування ІСУ яка забезпечує роботу функцій даного типу регулятора.

1. *Шеніта П.І.* Розробка алгоритмічних засобів координування виробничого процесу// матеріали XVII науково-технічної конференції студентів та аспірантів «Друкарство молоде». – Київ: «КПШ», 2017. – С. 49-51.
2. Mutoh ValueJet 1624 manual <https://www.manualslib.com/products/Mutoh-Valuejet-Vj-1624-3691023.html>
3. *Шеніта П.І.* Синтез інформаційної моделі інтелектуального управління поліграфічним виробництвом на основі штучних нейронних мереж// Збірник наукових праць, випуск 85, ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України. – К., 2018. – С. 192 – 196.
4. *Ярема С.М.* Видавничі поліграфічні технології та устаткування// Навч. посіб. - К. : Університет "Україна", 2003. - 320 с. - ISBN 966-7979-24-5.
5. *Жученко А. І., Ковалюк Д. О., Дзюба Є. В.,* Нечітка система керування температурним режимом ацетиленового генератора / Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 1/2 (67). – С. 48 – 51.
6. *Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубія Юсоф,* Нейроуправление и его приложения – М: ИПРЖР, 2000. – 272 с.
7. *Шеніта П.І.* Застосування обчислювальних ресурсів MATLAB для тестування штучної нейронної мережі/ Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, наукових працівників і аспірантів (27 лютого – 2 березня 2018 р.), Тези доповідей - Львів: УАД, 2018. – 114с.
8. *Sutskever I., Martens J., Dahl G., Hinton G.,* On the importance of initialization and momentum in deep learning. J. of Machine Learning Research // 2013, V. 28, No. 3, pp. 1139-1147.
9. *Мірських Г.О., Адаменко В.О.,* Штучні нейронні мережі і їх застосування в проектуванні та експлуатації технічних об'єктів//: монографія – К.: НТУУ «КПШ», 2014. – 372 с.
10. *Хайкин С.,* Нейронные сети. Полный курс – М.: Вильямс, 2006 –1104 с.
11. *Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф.,* Базы знаний интеллектуальных систем. – Санкт-Петербург-Москва-Харьков-Минск: Питер, 2000. – 384 с

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3860774>

*Поступила 19.09.2019р.*