

УДК 667.6

**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНЕ КЕРУВАННЯ ЗМІШУВАЧЕМ ДЛЯ
ВИГОТОВЛЕННЯ НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ ВОДНОДИСПЕРСІЙНИХ ФАРБ****Лісовець С. М., Дерикіт С. А.**

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Створення засобів для підвищення якості виготовлення воднодисперсійних фарб, яка досягається застосуванням змішувача для виготовлення напівфабрикату спеціальної конструкції і визначенням оптимальних режимів його роботи.

Методика. Визначення передатних функцій засобів автоматизації, розрахунок на їх основі параметрів налагодження цифрового регулятора з подальшим моделюванням в пакеті Simulink математичного пакета MatLAB.

Результати. Отримання можливості створення таких комп'ютерно-інтегрованих систем керування вже існуючими змішувачами спеціальної конструкції, які можуть забезпечити оптимальні значення характеристик воднодисперсійних фарб.

Наукова новизна. Встановлені залежностей між температурою в змішувачі спеціальної конструкції і іншими режимами його роботи (з одного боку) та характеристиками воднодисперсійних фарб (паропроникність, еластичність, стійкість до вологого стирання і т. і.) (з іншого боку).

Практична значимість. Виготовлення воднодисперсійних фарб високої якості, які мають підвищені показники паропроникності, еластичності, стійкості до вологого стирання і т. і., дозволяє покращити експлуатаційні характеристики будівель і споруд, де такі фарби використовуються.

Ключові слова: водна дисперсія, в'язуче, напівфабрикат, плівкоутворювач, полімеризація, фарба

Під терміном «воднодисперсійні фарби» розуміється досить велика кількість типів і марок фарб на водній основі, в'язучим яких є водна дисперсія плівкоутворюючого синтетичного полімера або сополімера. В'язуче отримують, в основному, двома способами: або шляхом емульсійної полімеризації, або шляхом емульсійно-суспензійної полімеризації. Воднодисперсійні фарби мають багато суттєвих переваг порівняно з масляними і деякими іншими фарбами, до яких відносять стійкість до атмосферних впливів, довговічність, міцність, практично повну відсутність запаху, стійкість до забруднення, велику швидкість висихання тощо. Але головною перевагою є те, що в таких фарбах в якості розчинника використовується вода. Окрім безпосередньо таких інгредієнтів, як плівкоутворювачі, пігменти і наповнювачі, воднодисперсійні фарби зазвичай утримують ще й емульгатори, стабілізатори, диспергатори, згущувачі,

антиспінювачі (піногасники), консервуючі і структуруючі добавки, інгібітори корозії, гідрофобізуючі добавки тощо [1-4].

Технологія виготовлення воднодисперсійних фарб є відносно простою і складається з чотирьох технологічних операцій: виготовлення напівфабрикату (диспергуючої суміші), виготовлення пігментних паст в результаті перетирання напівфабрикату з пігментами, виготовлення воднодисперсійних фарб в результаті змішування пігментних паст з в'язучим, розлив воднодисперсійних фарб у відповідну тару.

Виготовлення напівфабрикату (диспергуючої суміші) зазвичай відбувається в змішувачі. В нього спочатку завантажуються приблизно 80% від потрібної кількості води, після чого вона нагрівається (наприклад, насиченою або перегрітою паром) до температури (50...60) °С. Після чого, в залежності від типу і марки фарби, в змішувач в потрібній послідовності додаються емульгатори, диспергатори, стабілізатори, антисептики тощо, а також вода.

В якості змішувачів для змішування компонентів воднодисперсійних фарб застосовуються зазвичай диспергатори різних виробників: наприклад, серед них відомими є диспергатори серії РДН. До цієї серії входять диспергатори РДН-2, РДН-5, РДН-7, РДН-10 в різних модифікаціях. Їх продуктивність, в залежності від моделі, становить від 3 до 40 м³/год при напорі від 0,15 до 0,5 МПа.

Принцип роботи диспергаторів серії РДН (а також диспергаторів аналогічної конструкції інших виробників) полягає в тому, що інгредієнти напівфабрикату (диспергуючої суміші), такі як емульгатори, диспергатори, стабілізатори, антисептики і деякі інші, потрапляючи в диспергатор і рухаючись з великою кутовою швидкістю, проходять ряд щілин між ротором і статором. В результаті цього уміст диспергатора змінює свою консистенцію, становлячись більш однорідним. Отримання якісного напівфабрикату (диспергуючої суміші) засноване на тому, що щілини (зазори) між кромками робочих органів диспергатора (між статором і ротором) є досить малими.

Взагалі диспергатори серії РДН можуть використовуватися не тільки при змішуванні воднодисперсійних фарб, але й в інших галузях: для відновлення сухого молока, нормалізації молока по жиру, виробництва сиру, виробництва майонезів і кетчупів, виробництва овочевих паст, виробництва косметичних засобів і так далі. Але найбільш ефективними вони є при виробництві воднодисперсійних, водоемульсійних,

латексних і інших аналогічних за структурою і складом фарб. Зокрема, механічна обробка і диспергування напівфабрикату (диспергуючої суміші) може впливати на такі характеристики воднодисперсійних фарб, як криюча спроможність, яскравість і стійкість до впливу зовнішніх чинників, а також на енерговитратність і час виготовлення.

Постановка завдання

Результати більшості як теоретичних, так і практичних досліджень показують, що температура в диспергаторі і час перебування напівфабрикату (диспергуючої суміші) в диспергаторі суттєво впливають на характеристики воднодисперсійних фарб.

Керувати часом відносно легко: наприклад, це можна здійснити шляхом зміни тиску напівфабрикату (диспергуючої суміші) на вході в диспергатор, що вплине на витрати напівфабрикату (диспергуючої суміші) через диспергатор.

Керування ж температурою має свої особливості, які вимагають застосування для її підтримання більш складних законів керування. Перша особливість полягає в тому, що диспергатори серії РДН є проточними: тобто напівфабрикат (диспергуюча суміш) подається зі сторони всмоктуючого патрубку і відбирається зі сторони нагнітального патрубка. Друга особливість полягає в тому, що, в залежності від потреб технологічного процесу, витрати напівфабрикату (диспергуючої суміші) через диспергатор в кожний момент часу можуть бути різними.

Це приводить до того, що певні параметри об'єкта керування (який представляє собою масу напівфабрикату (диспергуючої суміші), що знаходиться в диспергаторі) в один момент часу будуть відрізнятися від таких же параметрів в інший момент часу.

Таким чином, виникає необхідність створення ефективної системи керування температурою в диспергаторі серії РДН з використанням засобів обчислювальної техніки і цифрових законів керування – тобто комп'ютерно-інтегрованої системи керування.

Результати досліджень

Згідно з технологічним процесом виготовлення напівфабрикату (диспергуючої суміші) для воднодисперсійних фарб, температура такого об'єкта керування повинна була складати від 50 до 60 °С. Внаслідок того, що рецептура напівфабрикату (диспергуючої суміші) може бути змінена, а диспергатор повинен бути «універсальним», було прийнято, що діапазон температур об'єкта керування може складати від 40 до

70 °С. Загальна структура контуру підтримання температури напівфабрикату (диспергуючої суміші) в диспергаторі наведена на рис. 1.

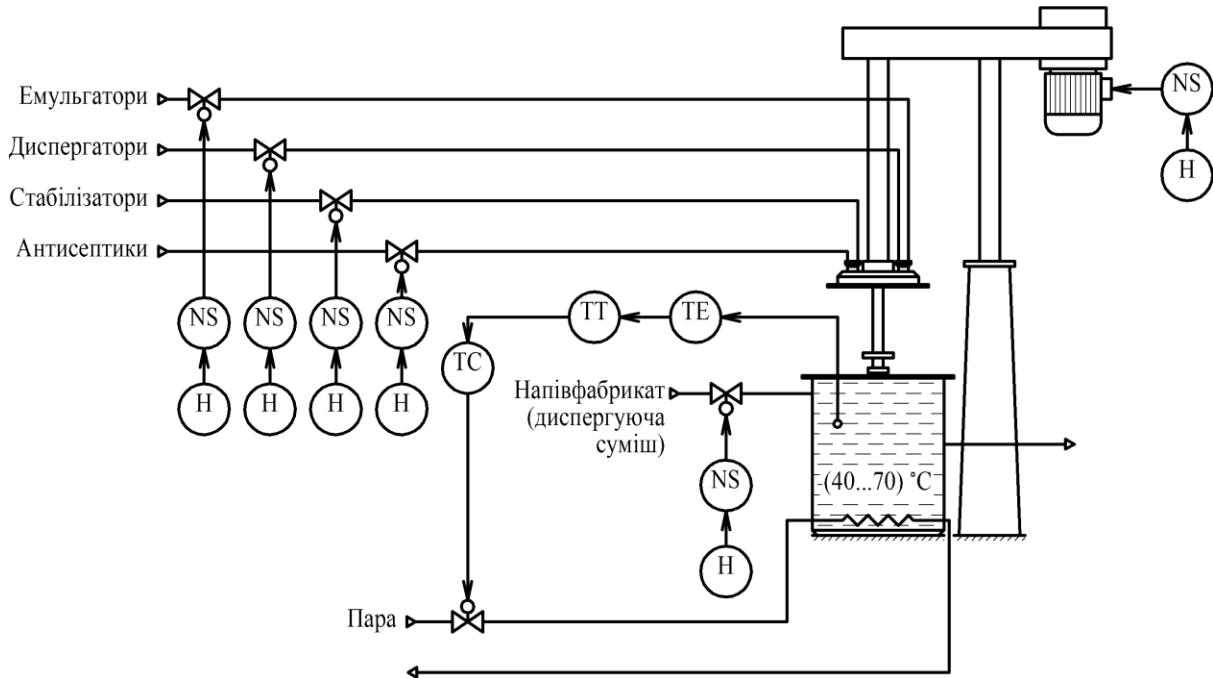


Рис. 1. Загальна структура контуру підтримання температури напівфабрикату (диспергуючої суміші) в диспергаторі

Як можна побачити, температура вимірювалася первинним вимірювальним перетворювачем ТЕ, переводилася в цифровий формат за допомогою нормуючого перетворювача ТТ і надходила на регулятор ТС, який керував подачею насиченої або перегрітої пари до теплообмінника, що обмінювався теплом з диспергатором.

Класична побудова контуру підтримання температури з використанням неперервного регулятора наведена на рис. 2. В якості неперервного регулятора з передатною функцією $W_{\text{РЕГ}}(p)$ зазвичай використовується ПІ- або ПІД-регулятор.

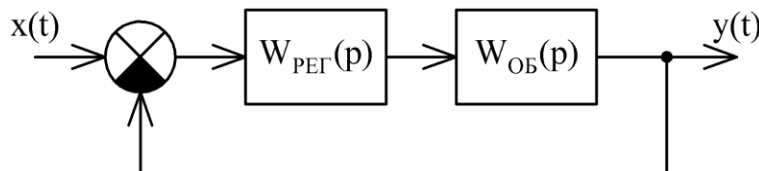


Рис. 2. Побудова контуру підтримання температури з використанням неперервного ПІ- або ПІД-регулятора

Для переходу від неперервного до цифрового регулювання необхідно було замінити неперервний регулятор з передатною функцією $W_{\text{РЕГ}}(p)$ цифровим

регулятором, який складається з імпульсного елемента K , фільтра з дискретною передатною функцією $W_{\Phi}(z)$ і екстраполятора нульового порядку з неперервною передатною функцією $H(p)$ [5].

Така побудова контуру підтримання температури з використанням цифрового регулятора наведена на рис. 3.

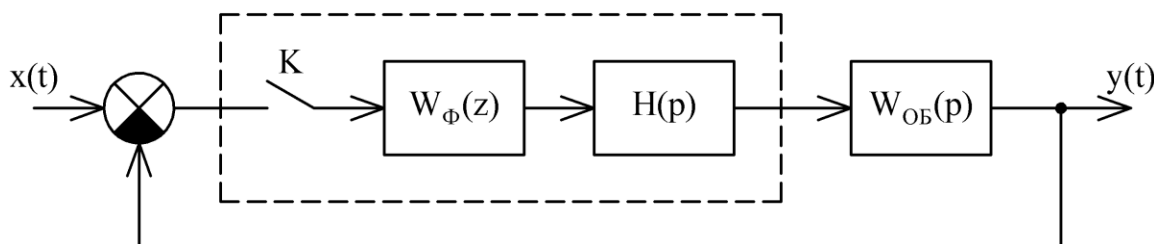


Рис. 3. Побудова контуру підтримання температури з використанням цифрового регулятора

Імпульсний елемент K здійснював квантування по часу вхідного сигналу цифрового регулятора з періодом T , а екстраполятор нульового порядку з передатною функцією

$$H(p) = \frac{1 - e^{-Tp}}{p} \quad (1)$$

утримував (фіксував) вихідний сигнал цього регулятора протягом періоду квантування T . Для синтезу цифрового регулятора було застосовано так зване «переобладнання» неперервного регулятора, яке полягало в забезпеченні максимально можливої «близькості» часових і частотних характеристик неперервного і цифрового регуляторів [6]. Для цього спочатку була отримана (при заданому T) дискретна передатна функція об'єкта керування в вигляді

$$W_{OB}(z) = Z\{W_{OB}(p)H(p)\}, \quad (2)$$

після чого, застосувавши до $W_{OB}(z)$ білінійне w -перетворення

$$z \leftarrow \frac{1 + \frac{wT}{2}}{1 - \frac{wT}{2}}, \quad (3)$$

була отримана псевдонеперервна передатна функція об'єкта керування $W_{OB}(w)$.

Після цього були розраховані параметри налагодження псевдонеперервного ПІ-регулятора $W_{\text{PI}}(w)$ за умови того, що показник коливальності контуру підтримання температури $M = 1,1$, а інтегральна квадратична оцінка якості перехідного процесу

$$\int_0^{\infty} \varepsilon^2(t) dt \rightarrow \min. \quad (4)$$

Типовий перехідний процес в контурі підтримання температури з використанням як неперервного ПІ-регулятора, так і цифрового регулятора (при невеликому періоді квантування T) наведено на рис. 4.

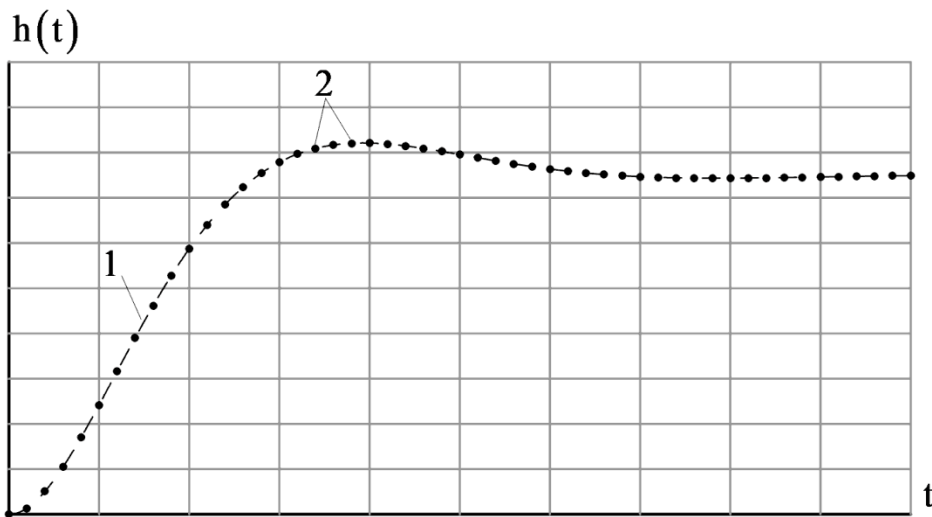


Рис. 4. Типовий перехідний процес в контурі підтримання температури:
1 – неперервний ПІ-регулятор; 2 – цифровий регулятор

Як можна побачити, крива 1 і дискретні відліки 2 практично співпадають. Таким чином, можна вважати, що цифровий регулятор формує керувальний вплив не гірше неперервного ПІ-регулятора. Але перевагою цифрового регулятора є практично повна відсутність дрейфу робочих характеристик, який є характерним для аналогового обладнання. А також підвищена надійність і відмовостійкість. Алгоритм цифрового регулювання можна реалізувати за допомогою програмованих логічних контролерів (ПЛК), наприклад, виробництва ТОВ «ВО ОВЕН» (м. Харків, Україна). Так як в ПЛК алгоритм цифрового регулювання реалізується за допомогою програми забезпечення, то переналагодження цифрового регулятора або реалізація (за необхідності) більш складного алгоритму регулювання є відносно простою задачею.

Висновки

Застосування цифрового регулювання у порівнянні з неперервним ПП-регулюванням підвищує достовірність роботи контуру підтримання температури напівфабрикату (диспергуючої суміші) в диспергаторі. Таким чином, це дає можливість підвищити якість виготовлення воднодисперсійних фарб.

Список використаних джерел

1. Казакова Е. Е. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения / Е. Е. Казакова, О. Н. Скороходова. – М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2003. – 136 с.
2. Толмачев И. А. Водно-дисперсионные краски: Краткое руководство для инженеров-технологов / И. А. Толмачев, Н. А. Петренко. – М.: ООО «Пейнт-Медиа», 2010. – 106 с.
3. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А. Д. Яковлев. – СПб.: Химиздат, 2008. – 448 с.
4. Кузьмичев В. И. Водорастворимые плёнкообразователи и лакокрасочные материалы на их основе / В. И. Кузьмичев, Р. К. Абрамян, М. П. Чагин. – М.: Химия, 1986. – 152 с.
5. Изерман Р. Цифровые системы управления / Р. Изерман. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
6. Поляков К. Ю. Основы теории цифровых систем управления: Учеб. пособие / К. Ю. Поляков. – СПб.: СПбГМТУ, 2006. – 161 с.
7. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB: Учебный курс / Ю. Лазарев. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.
8. Дьяконов В. П. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник / В. П. Дьяконов, В. В. Круглов. – СПб.: Питер, 2001. – 448 с.

References

1. Kazakova, Ye.Ye. & Skorokhodova, O.N. (2003). *Vodno-dispersionnyye akrilovyye lakokrasochnyye materialy stroitel'nogo naznacheniya* [Water-dispersion acrylic lacocolorful materials for construction purposes]. Moscow: ООО «Peynt-Media» [in Russian].
2. Tolmachev, I.A. & Petrenko, H.A. (2010). *Vodno-dispersionnyye kraski. Kratkoe rukovodstvo dlya inzhenerov-tekhnologov* [Water dispersion paints. Quick reference guide for process engineers]. Moscow: ООО «Peynt-Media» [in Russian].
3. Yakovlev, A.D. (2008). *Khimiya i tekhnologiya lako-krasochnykh pokrytiy* [Chemistry and paint rat technology]. SPb.: Khimizdat [in Russian].
4. Kuzmichev, V.I., Abramyan, R.K. & Chagin, M.P. (1986). *Vodorastvorimyye plenkoobrazovateli i lakokrasochnyye materia-ly na ikh osnove* [Water-soluble film-forming agents and paint-and-paint materials based on them]. Moscow: Khimiya [in Russian].
5. Izerman, R. (1984). *Tsifrovyye sistemy upravleniya* [Digital control systems]. Moscow: Mir [in Russian].
6. Polyakov, K.Yu. (2006). *Osnovy teorii tsifrovyykh sistem upravleniya. Ucheb. Posobie* [Basics of Digital Management Systems Theory: Training Manual]. SPb.: SPbGMTU [in Russian].
7. Lazarev, Yu. (2005). *Modelirovaniye protsessov i sistem v MATLAB: Uchebnyy kurs* [Process and system modeling in MATLAB: Training course]. SPb.: Piter; K.: Izdatelskaya gruppa BHV [in Russian].
8. Dyakonov, V.P. & Kruglov, V.V. (2001). *MATLAB. Analiz, iden-tifikatsiya i modelirovaniye sistem. Spe-tzialnyy spravochnik* [MATLAB. Analysis,

identification and modeling of systems.
Special handbook]. SPb.: Piter [in Russian].

Lisovets Sergey

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3643-046X>
ser.lis.290171@gmail.com

Kyiv National University of
Technologies and Design

Derikit Sergey

sergeykot987@gmail.com

Kyiv National University of
Technologies and Design

Компьютерно-интегрированное управления смесителем для изготовления полуфабриката для воднодисперсионных красок

Лисовец С. Н., Дерикит С. А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Создание средств для повышения качества изготовления воднодисперсионных красок, которое достигается применением смесителя для изготовления полуфабриката специальной конструкции и определением оптимальных режимов его работы.

Методика. Определение передаточных функций средств автоматизации, расчёт на их основе параметров настройки цифрового регулятора с последующим моделированием в пакете Simulink математического пакета MatLAB.

Результаты. Получение возможности создания таких компьютерно-интегрированных систем управления уже существующими смесителями специальной конструкции, которые могут обеспечить оптимальные значения характеристик воднодисперсионных красок.

Научная новизна. Установлены зависимости между температурой в смесителе специальной конструкции и другими режимами его работы (с одной стороны) и характеристиками воднодисперсионных красок (паропроницаемость, эластичность, стойкость к влажному истиранию и т. д.) (з другой стороны).

Практическая значимость. Изготовление воднодисперсионных красок высокого качества, которые имеют повышенные показатели паропроницаемости, эластичности, устойчивости к влажному истиранию и т. д., позволяет улучшить эксплуатационные характеристики зданий и сооружений, где такие краски используются.

Ключевые слова: водная дисперсия, вяжущее, полуфабрикат, плёнкообразователь, полимеризация, краска

Computer-integrated mixer control for the manufacture of semi-finished products for water-dispersion paints

Lisovets S. N., Derikit S. A.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose. Creation of tools to improve the quality of the manufacture of water-dispersion paints, which is achieved by using a mixer for the manufacture of semi-finished products of a special design and determining the optimal modes of its operation.

Methodology. Determination of transfer functions of automation tools, calculation on

their basis of digital controller settings with subsequent modeling in the Simulink package of the MatLAB mathematical package.

Findings. *Getting the opportunity to create such computer-integrated control systems for existing mixers of a special design that can provide optimal characteristics of water-dispersion paints.*

Originality. *Dependencies are established between the temperature in the mixer of a special design and other modes of its operation (on the one hand) and the characteristics of water-dispersion paints (vapor permeability, elasticity, resistance to wet abrasion, etc.) (on the other hand).*

Practical value. *The manufacture of high-quality water-dispersion paints, which have increased vapor permeability, elasticity, resistance to wet abrasion, etc., can improve the operational characteristics of buildings and structures where such paints are used.*

Keywords: *water dispersion, binder, prefabricated, film former, polymerization, paint*