

ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВІДБІЛЮВАННЯМ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Буйваленко А. А., Осадчук П.І. д.т.н, Хоменко А. Д., аспірант
Одеський національний технологічний університет, Одеса

Анотація. Соняшникова олія є найпоширенішим видом рослинного жиру в харчуванні людей в Україні. При виробництві соняшникової олії важливим технологічним етапом є її відбілювання. Актуальним є автоматичне керування відбілюванням. Воно дозволяє забезпечити високу якість готового продукту, знизити витрати сорбентів та енергоресурсів, забезпечити стабільність технологічних параметрів, тощо. Аналіз існуючих технічних рішень з автоматизації відбілювання олії показує, що всі вони мають низьку динамічну точність керування.

В Одеському національному технологічному університеті запропоновано ефективну систему автоматичного керування процесом відбілювання соняшникової олії. Промислове відбілювання харчових олій досягається видаленням барвників методом адсорбційної рафінації. Побудовано математичні моделі динаміки каналів об'єкта регулювання після обробки результатів комплексу активних експериментів на підприємстві. Як критерій оптимальності прийнято модульний інтегральний показник ефективності регулювання. Складено концептуальну модель САР технологічним процесом відбілювання соняшникової олії найпростішої структури на основі принципу замкнутого керування.

Для підвищення динамічної точності в САР введено два коригувальні міжрегуляторні зв'язки, які забезпечать виконання принципу автономності сепаратних САР. Щоб підвищити динамічну точність у каналі регулювання, де відносно велике запізнення, застосовано упереджувач Сміта. Порівняльний аналіз перехідних процесів у базових САР та САР підвищеної динамічної точності показує покращення динаміки як за прямими показниками якості (максимальне динамічне відхилення, коефіцієнт перерегулювання тощо), так і за інтегральним модульним показником якості.

Ключові слова: автоматичне керування, відбілювання, соняшникова олія, автономна САР, компенсація запізнення в контурі керування.

Вступ. Соняшникова олія є традиційним і найпоширенішим видом рослинного жиру в харчуванні людей в Україні. Вона містить необхідні для організму людини поліненасичені жирні кислоти, вітаміни, антиоксиданти та добре засвоюється. Саме тому висока якість соняшникової олії має вирішальне значення для забезпечення міцного здоров'я її споживачів.

Якість олії безпосередньо залежить від дотримання технологічного регламенту її виробництва та стабільного ходу всіх етапів технологічного процесу.

При виробництві соняшникової олії важливим технологічним етапом є її відбілювання, коли з неї видаляють природні барвники, залишки фосфоліпідів, мила, металів та інші домішки, що можуть негативно впливати на колір, смак та споживчу цінність продукту.

Процес відбілювання здійснюють у відбілювальних фільтрах або контактних апаратах з сорбентами. Ефективність цього процесу значною мірою залежить від дотримання регламентних параметрів - температури, часу контакту, ступеня вакууму, дозування сорбенту тощо.

Щоб забезпечити стабільну якість відбіленої олії та ефективне використання ресурсів, процесом відбілювання необхідно керувати.

У зв'язку з цим актуальним є автоматичне керування процесом відбілювання, яке дозволяє забезпечити високу якість готового продукту, знизити витрати сорбентів та енергоресурсів, забезпечити стабільність технологічних параметрів, зменшити вплив суб'єктивного фактора.

Таким чином, розробка та впровадження ефективної автоматичної системи керування процесом відбілювання соняшникової олії є актуальним завданням.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми.

Оскільки розглянуте питання є актуальним, багато дослідників займалися його вивченням. Так на Ново-волинському комбінаті запропонована автоматична система керування ділянкою відбілювання із застосуванням мікроконтролера Modicon TSX Micro, що регулює температуру, тиск та параметри сорбенту [1]. С.В. Шумова та І.Г. Лисаченко розробили систему автоматичного регулювання температури і витрати сорбенту на етапі відбілювання, інтегровану зі SCADA [2]. Ф.Л.Т. Фавр та К. Бхагган запропонували автоматичну систему дозування сорбенту і контролю температури в процесі відбілювання методом адсорбції [3]. S. Masayoshi, H. Ryuji, A.Hisashi et al. запропонували регулювання дози активованої глини (0.05–0.7 %) для

освітлення олії і підтримання температури 75–110 °С протягом 5–60 хв під вакуумом [4]. М. В. Kruidenberg запропонував комплексну автоматичну систему керування з контролем подачі олії, параметрів відбілювання і температури/тиску, інтегровану зі SCADA [5]. К. Bhaggan, J. L. Werleman, J. Franx запропонуваои автоматичне керування дозуванням адсорбенту та режимом вакуумного відбілювання в межах 60–120 °С та 5–120 хв. [6].

Аналіз існуючих технічних рішень з автоматизації процесу відбілювання олії показує, що всі вони мають схожі недоліки, а саме низьку динамічну точність керування, оскільки об'єкт керування є багатовимірним і має, крім прямих, перехресні зв'язки, які негативно впливають на динаміку сусідніх контурів регулювання. Також в деяких каналах регулювання відносно велике запізнення погіршує динаміку системи керування.

В Одеському національному технологічному університеті, на кафедрі електромеханіки та мехатроніки запропоновано ефективну систему автоматичного керування процесом відбілювання соняшникової олії.

Мета і завдання дослідження.

Метою першого етапу дослідження є підвищення ефективності процесу відбілювання соняшникової олії шляхом підвищення динамічної точності керування процесом.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- аналіз процесу відбілювання олії як об'єкту керування;
- розробка комплексу моделей процесу відбілювання олії як об'єкту регулювання і проведення моделювання для підтвердження відповідності отриманих моделей експериментальним даним;
- *розробка варіантів алгоритмів регулювання, проведення їх параметричної оптимізації, порівняльного аналізу САР, синтезу та аналізу САР підвищеної динамічної точності;*

Методи і матеріали досліджень.

Основним використаним методом дослідження є метод системного аналізу. Для ідентифікації моделей використано метод активного експерименту, метод типової статистичної ідентифікації та інженерні методики ідентифікації моделі об'єкта керування (ОК). При синтезі САР було використано методи теорії автоматичного керування, а саме інженерні методики параметричного синтезу САР, оптимального параметричного синтезу, принцип автономності та компенсації запізнення в каналі керування. Основним експериментальним методом обрано імітаційне моделювання.

Результати досліджень.

Проаналізовано технологічний процес відбілювання соняшникової олії. У розплавленому вигляді розливної олії – безбарвної, у застиглому вигляді мають колір за рахунок розчинення в них барвників. Промислове відбілювання харчових олій досягається видаленням барвників методом адсорбційної рафінації за допомогою відбілюючих порошків, які додають у попередньо висушений жир і які поглинають розчинені в жирі барвники та утримують їх на своїй поверхні. Після інтенсивного перемішування суспензію жиру фільтрують. Відбілюючі порошки разом з поглиненими ними барвниками відокремлюються від жиру, а освітлений жир стікає в резервуар. Визначають кольоровість олії по йоду за допомогою кольороміру.

На рис.1 зображено схему ділянки відбілювання олії. Жир після лужної рафінації, промивання та сушіння з резервуару I відцентровим насосом II подається на відбілювання. У напірному трубопроводі жир поділяється на два потоки: 75% жиру надходить у трубчастий нагрівач III, а 25% жиру прямує до змішувача IV. У трубчастому нагрівачі III гріючою парою олія нагрівається і направляється в апарат для попереднього відбілювання VI. У змішувачі IV жир змішується з відбілюючим порошком, який подається з бункеру V за допомогою дозуючого шнека.

Таким чином у змішувачі IV утворюється суспензія, яка безперервно засмоктується в апарат для попереднього відбілювання VI, де і змішується з усією масою жиру, що обробляється. Оскільки апарат VI знаходиться під розрідженням і має парову сорочку, в ньому відбувається додаткове підсушування жиру та його деаерація. Це має важливе значення для підвищення ефективності відбілювання та запобігання небажаним хімічним реакціям, які інтенсифікуються в присутності відбілюючих порошків.

У парову сорочку апарату VI надходить гріюча пара, за рахунок чого температура масла в ньому підвищується. В апараті VI підтримується рівень продукту. З апарату VI суспензія відбілюючого порошку в жирі безперервно перекачується відцентровим насосом VII через трубчастий підігрівач VIII в колонний апарат для остаточного відбілювання олії IX. У трубчастий підігрівач VIII подається пара, тому температура олії в ньому підвищується.

В апараті IX за рахунок подачі пари у парову сорочку апарата температура олії також підвищується. У апараті для остаточного відбілювання IX підтримується розрідження та рівень продукту. Після відбілювання суспензія насосом X подається в резервуар XI. Необхідним результатом відбілювання є отримання кольорового числа олії. Розрідження в апаратах створюється за допомогою пароежекторного вакуум-насоса XII.

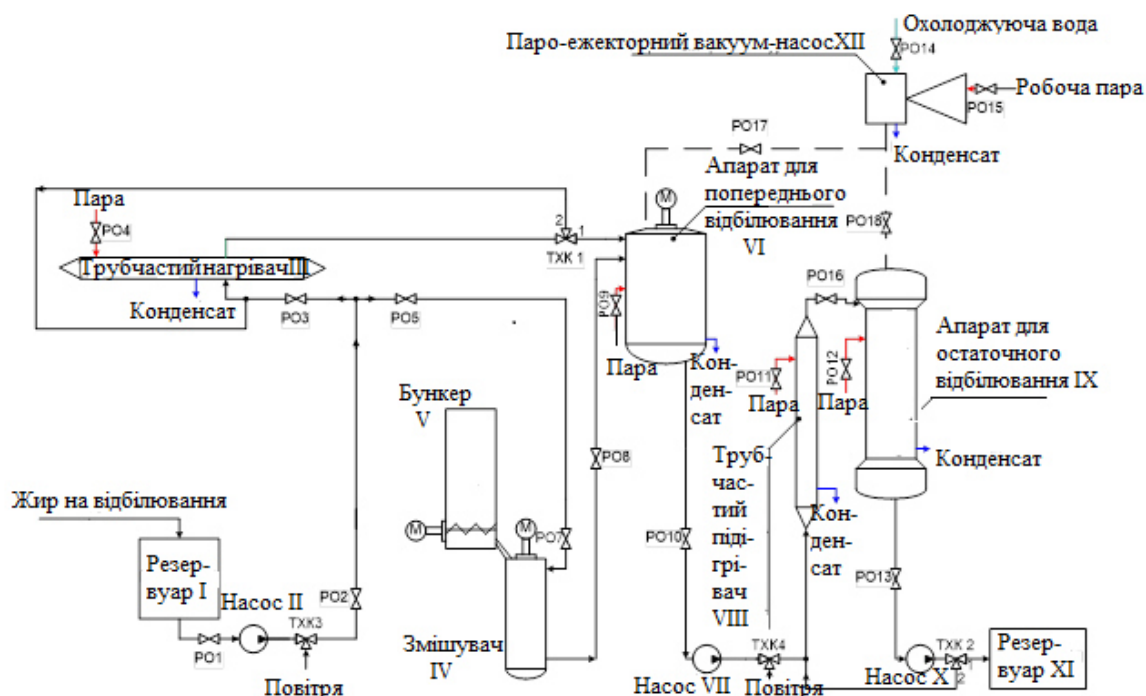


Рис. 1 – Технологічна схема відбілювання жирів

Наступним етапом дослідження було проведення аналізу впливу режимів ведення технологічного процесу відбілювання та роботи обладнання на його техніко-економічні показники, аналіз відповідних регламентів та наслідків їх порушень. Складено параметризовану технологічну схему остаточного процесу відбілювання (рис. 2).

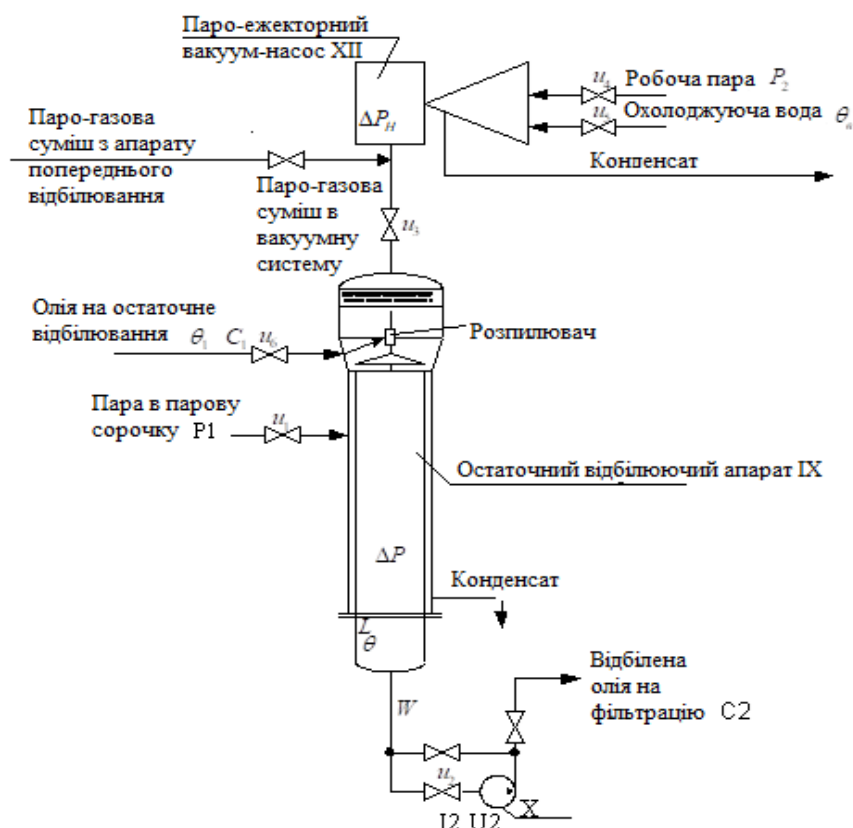


Рис. 2 – Параметризована схема остаточного процесу відбілювання

Нормативи ведення технологічного процесу подамо у вигляді трьох регламентів з урахуванням позначень на рис.2: технологічний регламент: температура θ і розрідження ΔP в остаточному відбілюючому апа-

раті, кольорова кількість олії після відбілювання C_2 ; експлуатаційний регламент: рівень в остаточному відбілюючому апараті L ; розрідження у вакуум-насосі ΔP ; техніко-економічний регламент: продуктивність остаточного відбілюючого апарату W .

До параметрів, що характеризують умови ведення технологічного процесу та роботи технологічного обладнання відносяться: сировинні параметри: температура θ_1 та кольорова кількість C_1 олії, що надходить у остаточний відбілюючий апарат; енергетичні параметри: тиск пари, що підводиться в парову сорочку остаточного відбілюючого апарату P_1 ; тиск робочої пари пароежекторного вакуум-насосу P_2 ; температура охолоджувальної води для вакуум-насосу θ_6 ; електроенергія, що підводиться до насосу XIV I_2, U_2 ; механічні параметри: зміна положення регулюючого органу (РО) подачі пари в пароежекторний вакуум-насос u_4 ; подачі пари в парову сорочку остаточного відбілюючого апарату u_1 ; подачі жиру з відбілюючого апарату на фільтрацію u_2 , подачі парогазової суміші з відбілюючого апарату у вакуум-насос u_3 , подачі олії в апарат остаточного відбілювання u_6 .

Як регульовані параметри обрано $\theta, \Delta P, L, C_2$. Вимоги до відхилень регульованих змінних представлені як регламентні зони. Регулюючими впливами є: u_1, u_3, u_2, u_6 .

Структурна схема об'єкта регулювання представлена у розгорнутому вигляді на рис. 3.

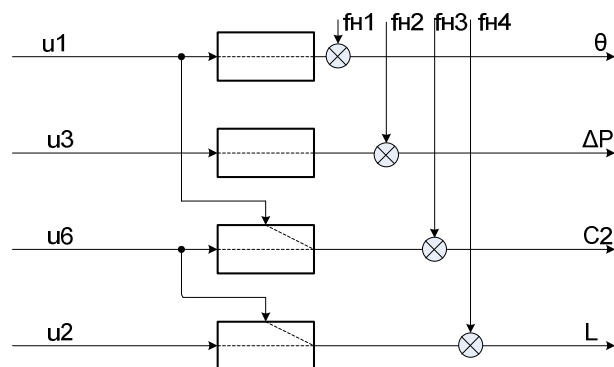


Рис. 3 – Структурна схема ОР у розгорнутому вигляді

Було побудовано математичні моделі динаміки каналів об'єкта регулювання після обробки результатів комплексу активних експериментів на підприємстві, а саме одержаних перехідних характеристик каналів ОР в околі номінальних режимів ТП, що дало можливість використовувати лінійну форму моделей та подати їх у вигляді передавальних функцій каналів (табл. 1).

Таблиця 1

Математичні моделі каналів об'єкту регулювання

Канал перетворення	Модель 1-го порядку	Модель 2-го порядку
$u_1 - \theta$	$W(p) = \frac{0.1 \cdot e^{-1.94p}}{2.71p + 1}$	$W(p) = \frac{0.1 \cdot e^{-0.56p}}{(1.93p + 1)^2}$
$u_1 - C_2$	$W(p) = \frac{-0.03 \cdot e^{-2.97p}}{3.38p + 1}$	$W(p) = \frac{-0.03 \cdot e^{-1.47p}}{(2.31p + 1)^2}$
$u_3 - \Delta P$	$W(p) = \frac{-0.05 \cdot e^{-8.06p}}{7.55p + 1}$	$W(p) = \frac{-0.05 \cdot e^{-3.89p}}{(5.51p + 1)^2}$
$u_6 - C_2$	$W(p) = \frac{0.05 \cdot e^{-1.71p}}{2.53p + 1}$	$W(p) = \frac{0.05 \cdot e^{-0.74p}}{(1.67p + 1)^2}$
$u_6 - L$	$W(p) = \frac{e^{-2.53p}}{1000p}$	$W(p) = \frac{e^{-1.51p}}{1000p(1.78p + 1)}$
$u_2 - L$	$W(p) = \frac{e^{-1.9p}}{810p}$	$W(p) = \frac{e^{-0.92p}}{810p(1.7p + 1)}$

Вид перехідних характеристик моделей ОР за каналами регулювання наведено рис. 4. Кольори графіків моделей: 1-го порядку – синій; 2-го порядку – зелений.

Канали перетворення « $u_1 - \theta$ », « $u_3 - \Delta P$ », « $u_6 - C_2$ », « $u_1 - C_2$ » є статичними, канали « $u_6 - L$ » та « $u_2 - L$ » -

астатичними.

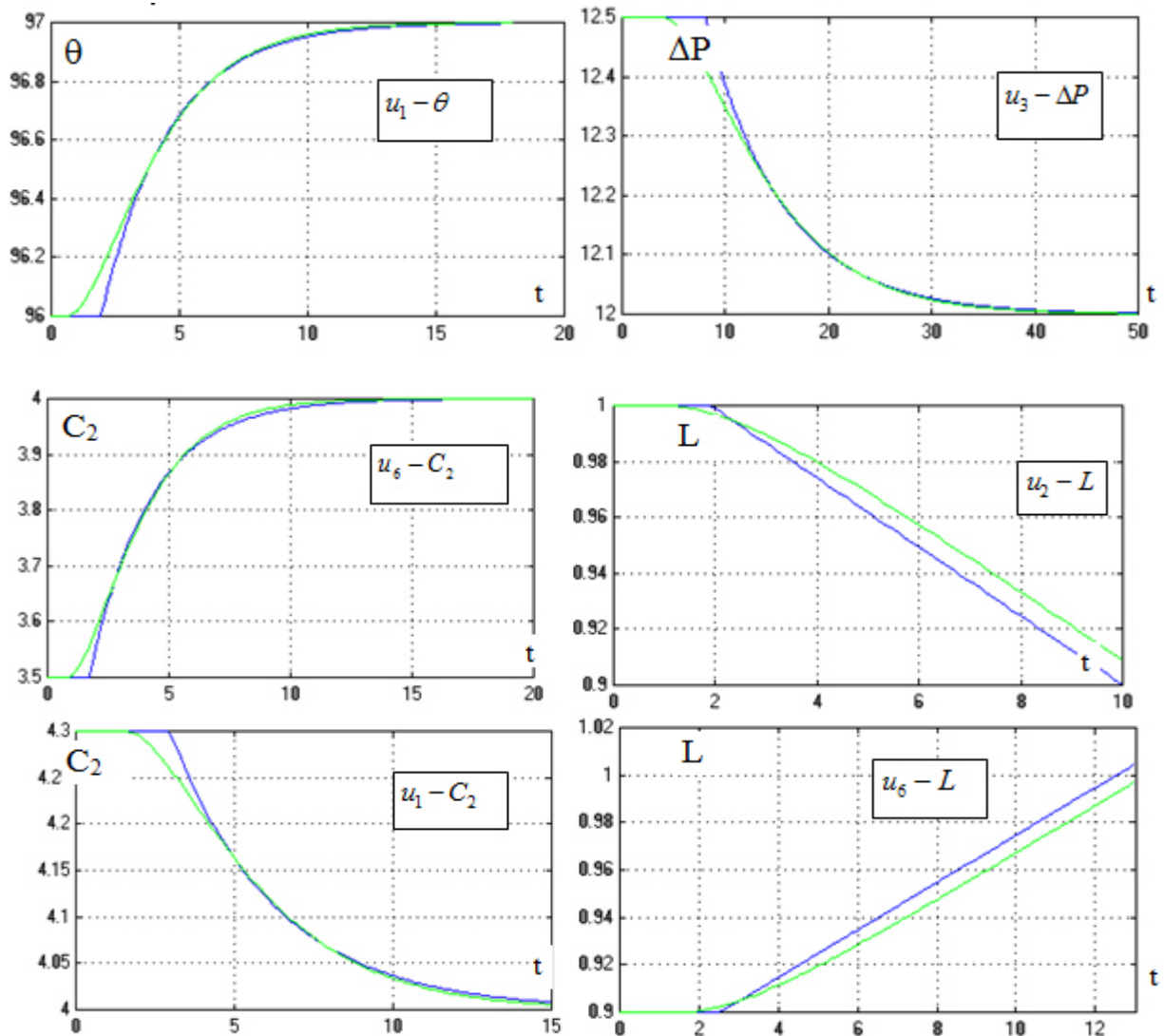


Рис. 4 – Вид перехідних характеристик моделей ОР

Розробка математичної моделі ефективності процесу регулювання ϵ , по суті, розробкою критерію оптимізації налаштувальних параметрів регуляторів САР процесу відбілювання олії. Особливість критерію оптимальності для даної САР полягає в тому, що він повинен відображати якість регулювання кожної із її змінних 4-х контурів регулювання. При цьому всі регульовані змінні САР, і, отже, їх помилки регулювання, мають різні фізичні розмірності і абсолютні значення. Для формування загального для САР критерію I у вигляді суми окремих критеріїв I_i окремих i -тих контурів регулювання, необхідно: а) привести його доданки до однакової розмірності; б) задати відносний рівень важливості кожної зі складових. Обидві ці завдання можна вирішити введенням перед складовими вагових коефіцієнтів α_i . Тоді, формально, критерій САР матиме такий вигляд:

$$I = \alpha_1 \cdot I_1 + \alpha_2 \cdot I_2 + \alpha_3 \cdot I_3 + \alpha_4 \cdot I_4.$$

Прийmemo I_i як модульний інтегральний показник ефективності (якості) регулювання:

$$I_i = \int_0^{\infty} |\Delta y_i(t)| dt,$$

де $\Delta y_i(t)$ – помилка регулювання i -того контура САР.

Вагові коефіцієнти, що вирішують відразу обидві завдання узгодження, знайдемо із співвідношень: $\alpha_1 = 1 / \Delta \theta^{\max} = 1/10 \text{ C}^\circ$; $\alpha_2 = 1 / \Delta P^{\max} = 1/2 \text{ кПа}$; $\alpha_3 = 1 / \Delta C_2^{\max} = 1/1 \text{ мг йоду}$; $\alpha_4 = 1 / \Delta L^{\max} = 1/0,5 \text{ м}$, де $\Delta \theta^{\max}$, $\Delta P^{\max}$, $\Delta C_2^{\max}$, $\Delta L^{\max}$ – максимально припустимі помилки регулювання, встановлені технологічним регламентом для відповідних регульованих змінних.

Було складено та реалізовано моделі зовнішніх збурень об'єкта регулювання у вигляді випадкового гаусовського процесу з кількома адитивними складовими. Для відтворення моделі випадкової складової неконтрольованих збурень використовуватимемо метод формуючого фільтра.

У середовищі імітаційного моделювання Simulink реалізовано повну схему моделювання об'єкта регу-

лювання (рис. 5).

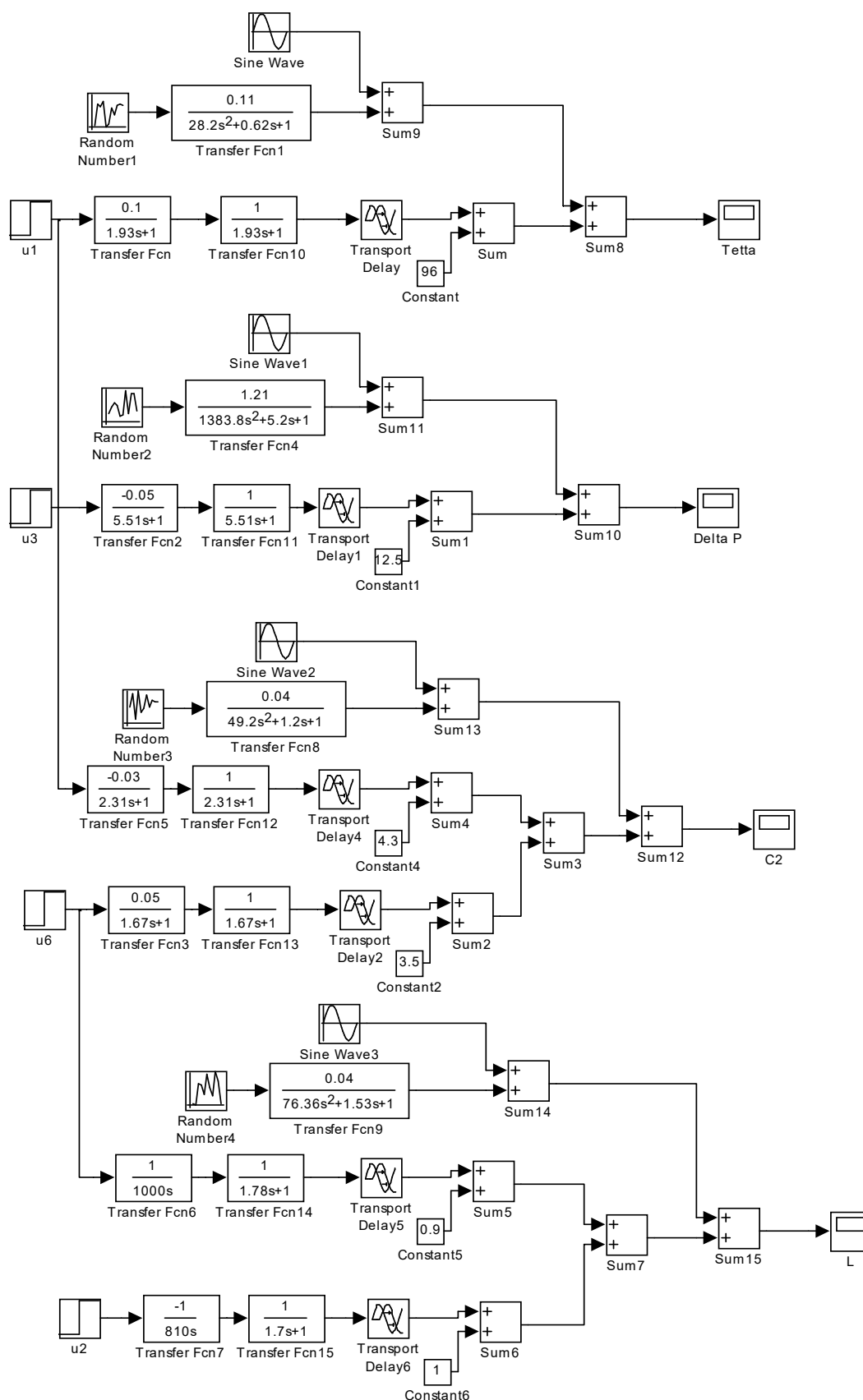


Рис. 5 – Повна схема моделювання процесу відбілювання олії як об'єкта регулювання з моделями каналів 2-го порядку

Складено концептуальну модель системи автоматичного регулювання (САР) технологічним процесом відбілювання соняшникової олії найпростішої структури на основі принципу замкнутого керування у формі структурної схеми (рис. 6). Для всіх чотирьох регуляторів використовуються ПІД-алгоритми регулювання.

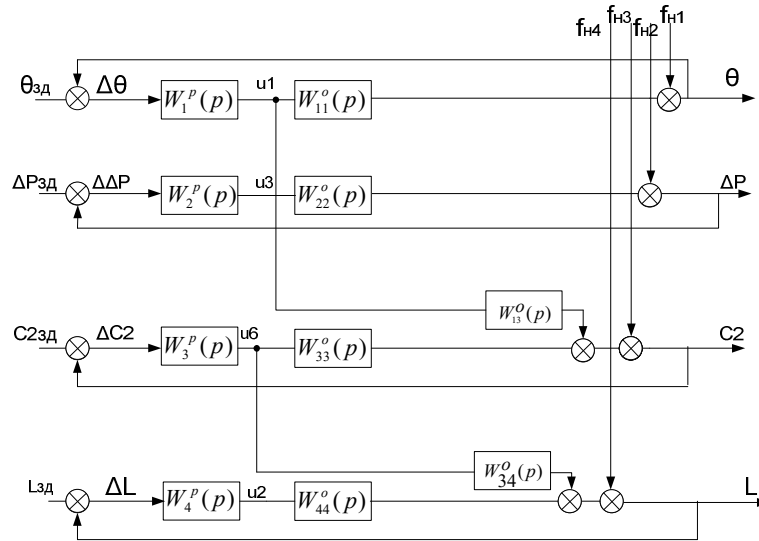


Рис. 6 – Структурна схема САР найпростішої структури

Підвищення ефективності САР найпростішої структури можливе за рахунок удосконалення її структури на основі обліку особливостей відбілюючого апарату як об'єкта регулювання. Насамперед, це - багатовимірний об'єкт, у якого чотири регульовані змінні. І оскільки канали ОР мають два перехресні зв'язки, то вони негативно впливають на роботу сусідніх контурів регулювання. У цій ситуації, щоб підвищити динамічну точність САР, потрібно максимально зменшити зазначений вплив перехресних каналів. Це досягається введенням в САР двох коригувальних міжрегуляторних зв'язків з такими властивостями, які забезпечать виконання принципу автономності сепаратних САР.

Щоб підвищити динамічну точність у другому каналі регулювання, де відносно велике запізнення, можна застосувати упереджувач Сміта.

При цьому алгоритми регулювання регуляторів зберігаються такими ж, як і в системі найпростішої структури.

Концептуальна модель САР підвищеної динамічної точності у формі її структурної схеми представлена на рис. 7.

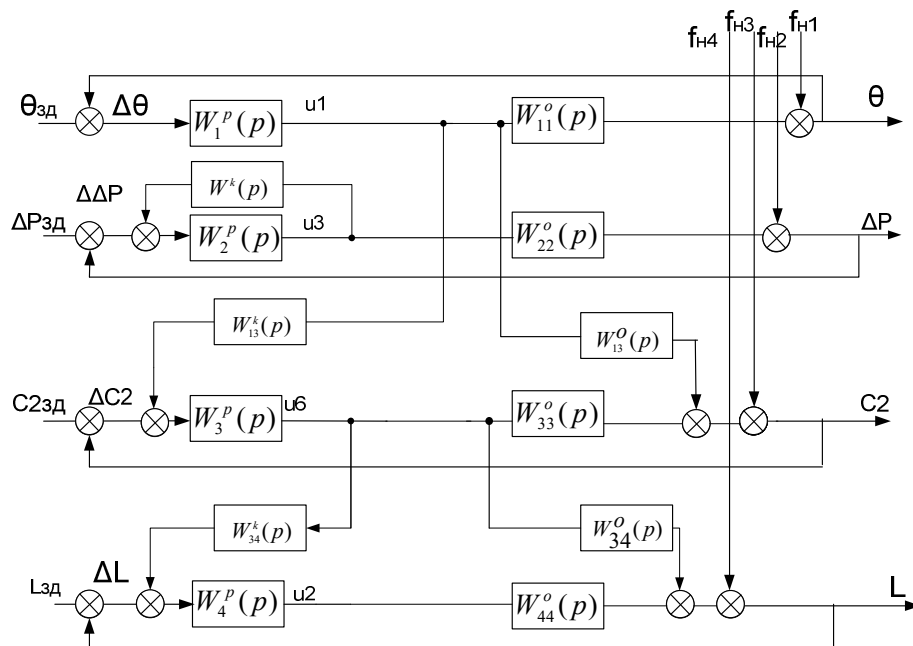
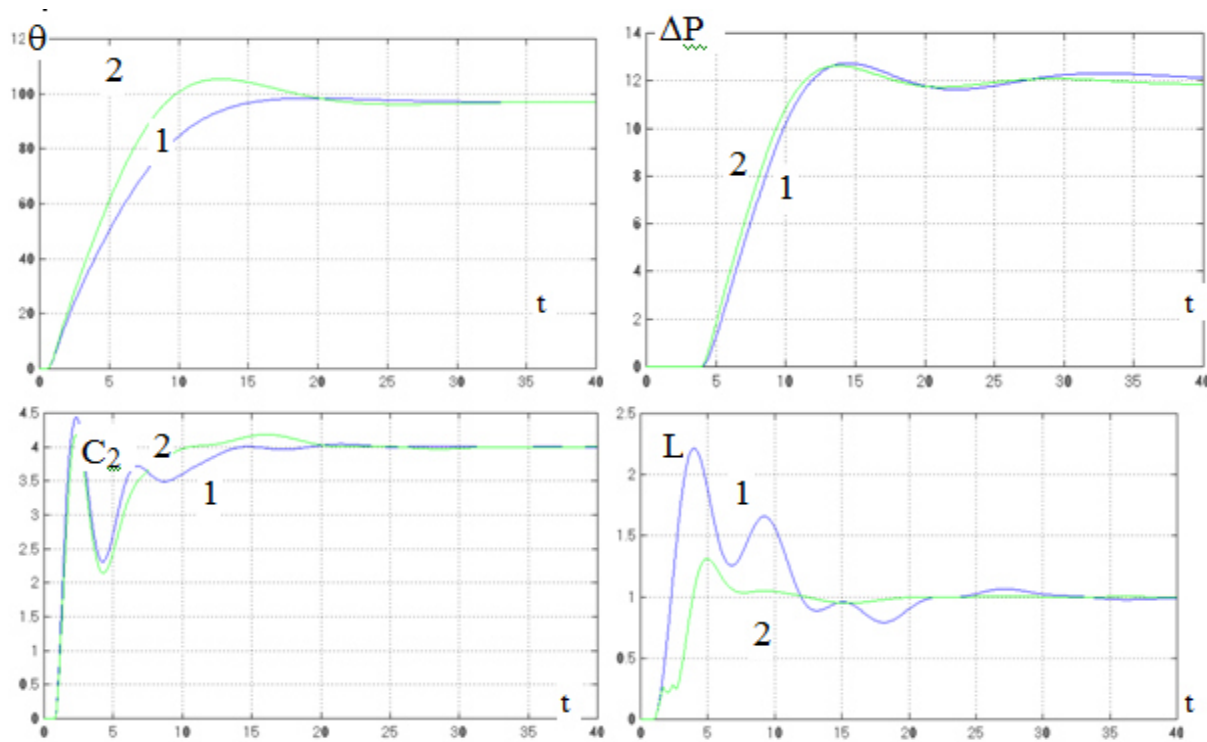


Рис. 7 – Структурна схема САР підвищеної динамічної точності

В результаті структурного синтезу отримано передаточні функції міжрегуляторних перехресних коригувальних зв'язків та спрощено їх вигляд:

$$W_{13}^k(p) = 0.01e^{-0.73} \frac{0.95p}{5.79p+1}; \quad W_{34}^k(p) = -e^{-0.59} \frac{0.004p}{4.87p+1}$$

Для порівняльного аналізу на рис. 8 показано в загальних системах координат перехідні процеси в САР звичайної структури та САР підвищеної динамічної точності з оптимальними параметрами.



1 – звичайної структури, критерій оптимальності $I = 25,4$; 2 – підвищеної динамічної точності, критерій оптимальності $I = 19,3$.

Рис. 8. – Перехідні процеси у параметрично оптимізованих САР у режимі виведення технологічного процесу з вихідного стану до номінального:

Порівняльний аналіз перехідних процесів у базових САР та САР підвищеної динамічної точності показує покращення динаміки як за прямими показниками якості (максимальне динамічне відхилення, коефіцієнт перерегулювання тощо), так і за інтегральним модульним показником якості.

Висновки. Соняшникова олія є найпоширенішим видом рослинного жиру в харчуванні людей в Україні.

При виробництві соняшникової олії важливим технологічним етапом є її відбілювання.

Актуальним є автоматичне керування процесом відбілювання, яке дозволяє забезпечити високу якість готового продукту, знизити витрати сорбентів та енергоресурсів, забезпечити стабільність технологічних параметрів, зменшити вплив суб'єктивного фактору.

Аналіз існуючих технічних рішень з автоматизації процесу відбілювання олії показує, що всі вони мають низьку динамічну точність керування.

В Одеському національному технологічному університеті, на кафедрі електромеханіки та мехатроніки запропоновано ефективну систему автоматичного керування процесом відбілювання соняшникової олії.

Метою першого етапу дослідження є підвищення ефективності процесу відбілювання соняшникової олії шляхом підвищення динамічної точності керування процесом.

У розплавленому вигляді рослинні олії – безбарвні, у застиглому вигляді мають колір за рахунок розчинення в них барвників.

Промислове відбілювання харчових олій досягається видаленням барвників методом адсорбційної рафінації.

Визначають кольоровість олії по йоду за допомогою кольороміру.

Побудовано математичні моделі динаміки каналів об'єкта регулювання після обробки результатів комплексу активних експериментів на підприємстві, а саме одержаних перехідних характеристик каналів ОР в околі номінальних режимів ТП.

Як критерій оптимальності прийнято модульний інтегральний показник ефективності регулювання:

Складено концептуальну модель САР технологічним процесом відбілювання соняшникової олії найпростішої структури на основі принципу замкнутого керування.

Для підвищення динамічної точності в САР введено два коригувальні міжрегуляторні зв'язки, які забезпечать виконання принципу автономності сепаратних САР.

Щоб підвищити динамічну точність у каналі регулювання, де відносно велике запізнення, застосовано упереджувач Сміта.

Порівняльний аналіз перехідних процесів у базових САР та САР підвищеної динамічної точності показує покращення динаміки як за прямими показниками якості (максимальне динамічне відхилення, коефіцієнт перерегулювання тощо), так і за інтегральним модульним показником якості.

References

1. *Avtomatyzatsiia vyrobnytstva olii* [Automation of oil production]. (n.d.). Retrieved from https://stud.wiki/manufacture/2c0b65625a3ac78b4d43a88521206d37_0.htm
2. Shumova, S. V., & Lysachenko, I. H. (n.d.). *Systema avtomatyzovanoho upravlinnia protsesom rafinuvannia soniashnykovoii olii* [Automated control system for sunflower oil refining process]. Retrieved from https://stud.wiki/manufacture/2c0b65625a3ac78b4d43a88521206d37_0.html
3. Favr, F. L. T., & Bkhaggan, K. (2015). *Sposib obrobky roslynnoi olii* [Method of processing vegetable oil] (Patent UA108648 C2). Ukrainian Intellectual Property Institute. Retrieved from <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/889890/>
4. Masayoshi, S., Ryuji, H., & Hisashi, A. (2021, September 14). *Method for suppressing coloration of frying fats and oils composition* (U.S. Patent No. 11118132 B2). United States Patent and Trademark Office. Retrieved from <https://patents.justia.com/patent/11118132>
5. Kruidenberg, M. B. (2012, July 18). *Method and apparatus for processing vegetable oils* (U.S. Patent No. 8952187 B2). United States Patent and Trademark Office. Retrieved from <https://patentimages.storage.googleapis.com/1d/cf/cb/31eedf302dfa02/US8952187.pdf>
6. Bhaggan, K., Werleman, J. L., & Franx, J. (2012, December 21). *Method of treating a vegetable oil* (U.S. Patent No. 9217120 B2). United States Patent and Trademark Office. Retrieved from <https://patentimages.storage.googleapis.com/f8/20/f7/4b708698d0a512/US9217120.pdf>

FEATURES OF SUNFLOWER OIL BLEACHING AUTOMATIC CONTROL

Buiwalenko A., Osadchuk P., Khomenko A.
Odesa National University of Technology, Odesa

Abstract. *Sunflower oil is the most common type of vegetable fat in human nutrition in Ukraine. In the production of sunflower oil, bleaching is an important technological stage. Automatic bleaching control is relevant. It allows to ensure high quality of the finished product, reduce the consumption of sorbents and energy resources, ensure the stability of technological parameters, etc. Analysis of existing technical solutions for the automation of oil bleaching shows that they all have low dynamic control accuracy. An effective system for automatic control of the process of bleaching sunflower oil has been proposed at the Odessa National Technological University. Industrial bleaching of edible oils is achieved by removing dyes by the method of adsorption refining. Mathematical models of the dynamics of the channels of the control object have been built after processing the results of a complex of active experiments at the enterprise. The modular integral indicator of control efficiency has been adopted as the optimality criterion. A conceptual model of the ACS with the technological process of bleaching sunflower oil of the simplest structure based on the principle of closed-loop control has been developed. To increase the dynamic accuracy in the ACS, two corrective inter-regulator connections have been introduced, which will ensure the implementation of the principle of autonomy of separate ACS. To increase the dynamic accuracy in the control channel, where the delay is relatively large, a Smith biaser has been used. A comparative analysis of transient processes in the basic ACS and ACS of increased dynamic accuracy shows an improvement in dynamics both in terms of direct quality indicators (maximum dynamic deviation, overshoot coefficient, etc.), and in terms of the integral modular quality indicator.*

Key words: automatic control, bleaching, sunflower oil, autonomous ACS, delay compensation in the control loop.

Список використаних джерел

1. Автоматизація виробництва олії [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://stud.wiki/manufacture/2c0b65625a3ac78b4d43a88521206d37_0.htm.
2. Шумова С.В., Лисаченко І.Г. Система автоматизованого управління процесом рафінування соняшникової

- олії [Електронний ресурс].- Режим доступу:
https://stud.wiki/manufacture/2c0b65625a3ac78b4d43a88521206d37_0.html.
3. Патент на винахід UA108648 C2 Спосіб обробки рослинної олії [Електронний ресурс] / Фавр Ф.Л.Т., Бхаттан К. МПК A23D 7/00, C11B 3/10, C11C 3/10. Заявл. 28.06.2011 №а201301109. Опубл.25.05.2015, Бюл. № 10. - Режим доступу: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/889890/>.
4. Patent US No. 11118132 B2 Method for suppressing coloration of frying fats and oils composition / Masayoshi S., Ryuji H., Hisashi A. et al. IPC C11B 3/00, A23D 9/02, C11B 3/08, A23D 9/00, C11B 3/12. Date of Patent: Sep 14, 2021. Patent Publication Number: 20210054304/ URL: https://patents.justia.com/patent/11118132?utm_source.
5. Patent US No. 8952187 B2 Method and apparatus for processing vegetable oils / Kruidenberg M. B.. IPC C11B 3/00, B01D 3/38, B01D 1/30, B01D 5/00, C11B 3/12. Appl. No.: 13/552,084. Filed: Jul.18, 2012/ URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/1d/cf/cb/31eedf302dfa02/US8952187.pdf>.
6. Patent US No. 9217120 B2 Method of treating avegetable oil / Bhaggan K., Werleman J. L., Franx J. IPC C11B 3/10, C11C 1/10, C11B 3/14, C11C 1/08, A23L 1/015 Appl. No.: 14/367,155 PCT Filed: Dec. 21, 2012 URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/f8/20/f7/4b708698d0a512/US9217120.pdf>.

Отримано в редакцію 17.06.2025
Прийнято до друку 02.09.2025

Received 17.06.2025
Approved 02.09.2025