



АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ДЕЗОДОРОВАНОЇ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ В ПОТОЦІ

AUTOMATIC IN-LINE QUALITY CONTROL OF DEODORIZED VEGETABLE OIL

Муратов В.Г.

V.G. Muratov

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4196-7248>,E-mail: vikgorg@ukr.net

Copyright © 2026 by author and the journal “Automation of technological and business – processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: 10.15673/atbp.v18i2.3442

Анотація. У роботі розглянуто актуальну задачу автоматизації процесу дезодорації рослинної олії як завершального етапу рафінації. Проаналізовано особливості конструкцій сучасних вакуум-випарних дезодораторів та структуру існуючих систем автоматичного регулювання (САР). Виявлено, що головним недоліком сучасних систем є відсутність оперативного контролю температури спалаху олії в потоці, що призводить до затримок у прийнятті рішень та збільшення браку. Автором запропоновано впровадження автоматичного аналізатора температури спалаху, що працює на принципі паралельних вимірювальних тиглів із реперними значеннями температур. Описано алгоритми функціонування аналізатора в режимах пуску та стабільної роботи, а також схему корекції контурів регулювання витрати пари та температури в дистиляторі. Наведено рекомендації щодо технічної реалізації системи на базі сучасних мікропроцесорних контролерів та реєстраторів.

Abstract. The paper deals with the urgent task of automating the vegetable oil deodorization process as the final stage of refining. The design features of modern vacuum-evaporation deodorizers and the structure of existing automatic control systems (ACS) are analyzed. It was revealed that the main drawback of modern systems is the lack of online monitoring of the oil flash point in the flow, which leads to delays in decision-making and an increase in defective products. The author proposes the implementation of an automatic flash point analyzer operating on the principle of parallel measuring crucibles with reference temperature values. The algorithms for the analyzer operation in start-up and steady-state modes are described, as well as the correction scheme for steam flow and temperature control loops in the distiller. Recommendations for the technical implementation of the system based on modern microprocessor controllers and recorders are provided.

Keywords: oil deodorization, automatic quality control, flash point, microprocessor control, vacuum distiller, ACS, in-line analyzer.

Ключові слова: дезодорація олії, автоматичний контроль якості, температура спалаху, мікропроцесорне керування, вакуум-дистилятор, САР, аналізатор в потоці.

Виробництво рослинних олій, наприклад, соняшникової, складається з низки етапів, в тому числі очищення насіння, форпресування з отриманням сирової олії та макухи з залишками до 15% олії. Макуху дроблять і за допомогою розчинника - гексану, бензину, або іншого, в екстракторі з неї вилучають залишки олії. Отриманий тут розчин, який називають місцелою, піддають рафінації для вилучення з неї розчинника та інших (летких) органічних сполук. Рафінація складається з процесів гідратації, нейтралізації, відбілювання та вінтеризації (виморожування), де з місцели послідовно видаляють фосфатиди і білки, жирні кислоти, барвники та воски [1].

Завершальним етапом рафінації є процес дезодорації, де з олії вилучають залишки розчиннику і позбавляють олію запаху та смаку.

В якості дезодораторів використовують одно- або багатокорпусні вакуум-випарні установки різноманітних конструкцій, які характеризуються різними значеннями параметрів (температури і тиску) в процесах тепло-масообміну.

Багатокорпусні дезодоратори кроково видаляють розчинник в умовах вакууму при більш низьких температурах і є більш енергоефективними. В однокорпусних весь процес дезодорації проводять одразу при



більш високих температурах в умовах глибокого вакууму.

Конструкції дезодораторів схожі між собою і використовують протічцію потоків місцели, (зверху вниз) і гострої пари (знизу вверх), наприклад, у вертикальних дезодораторах. Для цього використовують форсунки для розпилювання місцели з подальшим плівковим тепло-масообміном на тарілках, де барботує гостра пара, або на спіральних теплообмінниках з глухою парую, розташованих за висотою в корпусі дезодоратору. З низу в корпусах передбачають барботери гострої пари для тепло-масообміну з концентрованою місцею, яка дішла зверху після розпилювання і утворила рівень до 0.5 м. Як у випадку однокорпусного, з кінцевої колони багатокорпусного дистилятора відкачують готову дезодоровану екстракційну олію.

На рис.1 показана узагальнена конструкція з системою автоматичного регулювання (САР) однокорпусного або кінцевого дистилятора дезодоратора місцели.

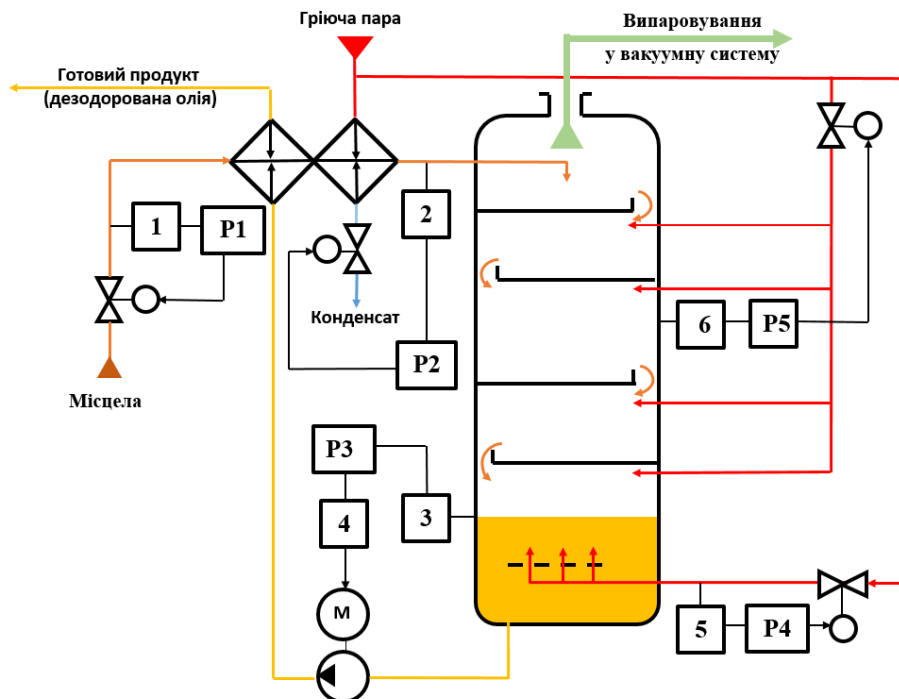


Рис. 1 Узагальнена конструкція з САР однокорпусного / кінцевого дистилятора дезодоратора місцели
Fig. 1. Generalized design with ACS of a single-body / final miscella deodorizer distiller

Попередньо підігріта готовою дезодорованою олією у регенеративному теплообміннику, а потім гріючою водяною паром до заданого рівня, місцела поступає у дезодоратор. Тут вона остаточно нагрівається гострою паром, що барботує в низу колони та безпосередньо на тарілках секції тонкоплівкового тепло-масообміну, де з паром видаляються жирні кислоти та інші зайві сполуки. Після цього олія проходить секцію витримки, де під дією гострої пари і, наприклад, глибокого вакууму (абсолютний тиск становить 130...260 Па) з неї остаточно видаляються одоранти.

З низу корпусу дезодоратору олію насосом направляють у регенеративний теплообмінник, де вона підігріває вхідну місцелу, та йде у збірник готового продукту.

Вакуумна система, що складається з поверхневих конденсаторів з проточною холодною водою від градирні, ежекційних та ін. вакуумних насосів, за рахунок теплообміну холодної води і випаровувань з місцели, створює глибокий вакуум в дезодораторі.

Стандартна САР дезодоратору передбачає вимірювання і регулювання:

- витрати місцели на вході в кінцевий дистилятор за сигналом датчика витрат 1 за допомогою регулятора P1, який через виконавчий механізм змінює ступінь відкриття клапану подачі місцели;
- температури місцели на вході в кінцевий дистилятор за допомогою датчика 2 і регулятора P2, що діє на виконавчий механізм клапану гріючої пари і змінює витрати пари крізь вхідний теплообмінник;
- рівня в кінцевому дистиляторі за допомогою датчика рівня 3 з регулятором P3, який за допомогою, наприклад, частотного перетворювача 4 змінює швидкість обертання насоса відкачки готового продукту;
- витрат гострої пари на барботер за допомогою датчика витрати 5 з регулятором барботера P4, який за допомогою виконавчого механізму змінює ступінь відкриття клапану подачі пари;
- температури в корпусі кінцевого дистилятора за допомогою датчика температури 6 в комплекті з регулятором температури P5 кінцевого дистилятора, який змінює подачу гострої пари, наприклад, крізь тонкоплівкову місцелу на барботерних тарілках.

Головним показником якості готової екстракційної олії є її температура спалаху, яка регламентується стандартом [2] і є контрольною точкою НАССР [3].



Температуру спалаху 225...234 згідно стандарту [4] вимірюють вручну в лабораторних умовах за допомогою термометрів з ціною поділки 1 °С. Сьогодні дедалі більше пропозицій лабораторних автоматичних приладів визначення температури спалаху від різних виробників. Однак на ринку не має даних про ефективні САР вказаної температури при виробництві дезодорованої рослинної олії. Це не дозволяє оперативно контролювати процес виробництва, призводить до затримок в прийнятті керівних рішень, до збільшення браку у пускових та інших режимах.

Для усунення вказаного недоліку ми пропонуємо існуючу САР кінцевого дистилятора дезодоратора доповнити автоматичним аналізатором поточної температури спалаху з контуром корекції температури олії в дистиляторі [5].

На рис. 2 показана схема запропонованого аналізатора. Частку потоку олії, що відкачується насосом з кінцевого дистилятора і частково охолоджена в регенеративному теплообміннику, поступає у вимірювальний олієпровід із електромагнітними запірними клапанами К1, К2 на вході і виході. Роботою цих клапанів керує мікропроцесорний контролер МПК.

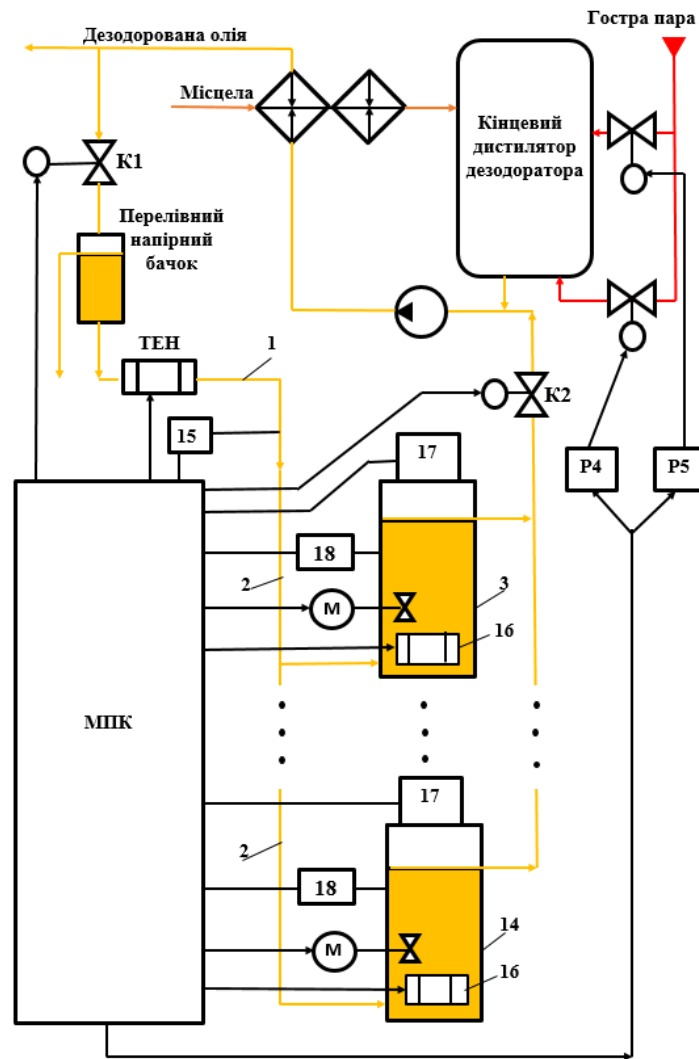


Рис. 2 Автоматичний аналізатор температури спалаху дезодорованої олії
Fig. 2. Automatic in-line flash point analyzer for deodorized oil

Вимірювальний олієпровід має ділянку попереднього підігріву 1 та низку паралельних ділянок 2 кінцевого підігріву олії в проточних теплоізольованих електротиглях 3...14. Переливний напірний бачок має постійний рівень олії і забезпечує однаковий сталий напір олії перед тиглями. Кожен протічний тигель при цьому має свій переливний пристрій для забезпечення в ньому сталого рівня олії.

Мікропроцесорний контролер МПК за сигналом датчика температури 15 підігріває олію, що йде до тиглів на значенні, що на 30°C нижче очікуваного значення температури спалаху олії.

Тиглі обладнані електронагрівачами 16, мішалками з електроприводами М для створення однорідного температурного поля, датчиками температури 18 та стандартними засобами спалаху 17: електрозапальничкою, механізмом відкриття/закриття кришки тиглю, фотодатчиком контролю наявності факелу та факту спалаху олії. Окремо передбачений (тут не показаний) пристрій аварійного автоматичного гасіння пожежі.



МПК за допомогою датчиків температури 18 вимірює всі значення температур олії в тиглях. При цьому МПК з кроком в 1°C підвищує задане значення температури в кожному наступному тиглі і стабілізує вказані значення зміню потужності відповідних електронагрівачів 16. Це дозволяє з дискретністю в 1°C мати набір реперних значень температури в діапазоні відхилень $\pm 5^{\circ}\text{C}$ від заданого (очікуваного) значення температури спалаху олії.

Крім того, МПК керує роботою засобів спалаху 17, мішалок, циклічно і послідовно тестує олію на спалах у вказаних тиглях 3...14 з низкою реперних температур, встановлює і реєструє поточне значення температури спалаху за фактом спалаху олії в тиглі з мінімальною температурою.

Оскільки зміна витрати гострої пари сильно впливає на ефективність дистиляції при розпилюванні і тонкоплівковому тепло-масообміну з місцелюю, це дозволяє реалізувати регулювання температури спалаху дезодорованої олії.

Тому МПК порівнює вимірюване поточне значення температури спалаху олії з заданим, і пропорційне отриманому при цьому відхиленню коректує завдання регулятору P4 витрати гострої пари на барботер та регулятору P5 температури в кінцевому дистиляторі дезодоратора.

Алгоритм функціонування запропонованого аналізатора передбачає два режими: підготовки першого вимірювання та режим нормальної роботи.

В режимі підготовки, наприклад, в перехідному процесі виходу дезодоратора після пуску на сталий нормальний режим, аналізатор починає пошук температури спалаху в діапазоні $\pm 5^{\circ}\text{C}$ від значення, що на 30°C нижче очікуваного (задіяні 11 тиглів).

Якщо спалах олії в цьому діапазоні не відбувся, аналізатор змінює діапазон вимірювання, піднімаючи задану температуру на 10°C і знову проводить вимірювання. Так повторюється до моменту встановлення поточної температури спалаху. Після цього МПК переходить на звужений ковзний діапазон вимірювання $\pm 2^{\circ}\text{C}$ від поточного значення температури спалаху (задіяні 5 тиглів) та слідує в подальшому за графіком її зміни. Одночасно з тим, корегує налагодження регуляторів P4, P5.

З початком сталого нормального режиму дезодоратора, коли температура спалаху входить в заданий діапазон вимірювання, аналізатор переходить в циклічний режим нормальної роботи. При цьому періодичність вимірювань аналізатора залежить від динамічних властивостей кінцевого дистилятора (розмірів, продуктивності, тощо). Слід зазначити, що наявність лінійки реперних значень температури дозволяє зменшувати термін встановлення температури спалаху.

Алгоритм вимірювання при цьому складається з:

- відкриття клапанів K1, K2 в лінії протоку олії крізь аналізатор і заміну олії в тиглях на свіжу;
- закриття клапанів K1, K2 - початок вимірювання температури спалаху;
- вмикання мішалки і електропідігріву олії в тиглях до значень реперних температур згідно п. 6.2.8 стандарту [4];
- витримка для насичення горючими речовинами пари в тиглях;
- одночасний електропідпал пари в усіх задіяних тиглях;
- фіксування наявності (або ні) спалаху олії;
- встановлення поточного значення температури спалаху;
- перехід (при необхідності) на інший ковзний діапазон вимірювання;
- повторення алгоритму вимірювання згідно циклічності вимірювань.

Для реалізації запропонованого аналізатора необхідно мати наступні канали вводу в МПК інформації від:

- датчиків температури – 12 шт;
- фотодатчиків - 11 шт;

вихідні канали МПК:

- вмикання запальничек – 11 шт;
- відкриття кришок тиглів із зворотніми пружинами повернення - 11 шт;
- вмикання мішалок – 11 шт;
- відкриття клапанів K1, K2 – 2 шт;
- сімисторного керування гріючими ТЕНами – 12 шт;
- корекції налагодження (дискретні або аналогові) в залежності від типів регуляторів P4, P5 – 2 шт.

Модульна структура більшості сучасних МПК дозволяє вибирати потрібні модулі, структуруючи контролер під вирішення конкретної задачі.

Тому запропонований сьогодні можна реалізувати за допомогою, наприклад, МПК типу Modicon M340 (з максимальним розширенням до 1024 дискретних і 256 аналогових каналів входу-виходу) фірми Schneider Electric. Цей МПК призначений для монтажу на din-рейці в середині щита, а в комплекті до нього використовують сенсорну панель людсько-машинного інтерфейсу (HMI) типу Harmony ST6, що монтують на передній панелі щита керування.

Більш ефективним, на наш погляд, може виявитися застосування вітчизняного багатоканального реєстратора, наприклад, серії R10M Львівського приладобудівного заводу (ЛПЗ), що має до 78 каналів входу-виходу і власну 10.4 -дюймову сенсорну панель відображення інформації, призначений для монтажу на передній панелі щита керування. Реєстратор R10M обчислює математичні, тригонометричні і логічні функції, коректує похибки



вимірювання, керує технологічними процесами [6].

Обидва варіанти призначені для функціонування у промислових комп'ютерних мережах підприємств, в тому числі, Ethernet.

Для роботи з датчиками температури у контролера Modicon M340 передбачені модулі вводу класу точності 0.1 з діапазоном вимірювання 0...300 °C, які працюють з платиновими термометрами опору градування Pt1000 класу допуску А. Слід зазначити, що реєстратори R10M при цьому мають більш високий клас точності - від 0.05 до 0.15.

Використання запропонованого аналізатору дозволить своєчасно без шкідливого запізнення регулювати якість дезодорованої рослинної олії, підвищуючи продуктивність лінії дезодорації і знижуючи відсоток браку.

Література

1. Нікончук Н.В. Виробництво рослинної олії. – Миколаїв, МНАУ, 2014. – с. 58.
2. ДСТУ 4492:2017 Олія соняшникова. Технічні умови - К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
3. ДСТУ ISO 22000:2007 Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга. – К.: Держспоживстандарт України, 2007.
4. ДСТУ 4455-2005 Жири тваринні і рослинні олії Метод визначання температури спалаху. –К.: Держспоживстандарт України, 2006.
5. Патент України № 31947, МПК (2006) С11В 3/00. Спосіб автоматичного регулювання якості екстракційної олії в потоці / Муратов В.Г., Малишевський В.В. Заявник та патентовласник Одеська національна академія харчових технологій; заявл. 24.12.2007; опубл. 25.04.2008, Бюл. №8.
6. Муратов В.Г. Метрологія, технологічні вимірювання та прилади. Вид. 4-е Одеса, ОНТУ, 2025, с.422. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1i5GsTkzNan5v4qId_mawdRnLbIJhNM8R/view?usp=sharing

Reference

1. Nikončuk N.V. *Vyrobnytvo roslynnoi olii*. Mykolaiv: MNAU, 2014. 58 p.
2. DSTU 4492:2017. *Oliia soniašnykova. Tekhnichni umovy*. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2018.
3. DSTU ISO 22000:2007. *Systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv. Vymohy do bud'-yakykh orhanizatsii kharchovoho lantsiuha*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007.
4. DSTU 4455-2005. *Zhyry tvarynni i roslynni olii. Metod vyznachannia temperatury spalakhu*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006.
5. Patent Ukrainy № 31947, MPK (2006) S11V 3/00. *Sposib avtomatychnoho rehuliuвання yakosti ekstraktsiinoi olii v pototsi* / Muratov V.H., Malyshevskiy V.V. Zaiavnyk ta patentovlasnyk Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii; zaiavl. 24.12.2007; opubl. 25.04.2008, Biul. №8.
6. Muratov V.H. *Metrolohiia, tekhnolohichni vymiriuvannia ta prylady*. 4th ed. Odesa: ONTU, 2025. 422 p. Available at: https://drive.google.com/file/d/1i5GsTkzNan5v4qId_mawdRnLbIJhNM8R/view?usp=sharing

Отримана в редакції 09.01.2026. Прийнята до друку 19.01.2026. Received 09 January 2026.

Approved 19 January 2026. Available in Internet 31 May 2026