

**Сафоник А.П.** ( 1; ORCID: 0000-0002-502089051)

д.т.н., професор

**Таргоній І.М.** ( 1; ORCID: 0000-0002-502089051)

к.т.н., старший викладач

**Трохимчук М.М.,** <sup>(1)</sup>

аспірант

**Таргоній О.О.** <sup>(1)</sup>

студентка

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФЛОТАЦІЇ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД М'ЯСОКОМБІНАТУ**

У статті розглянуто питання автоматизації технологічного процесу очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату із застосуванням флотаційних методів. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності роботи очисних споруд підприємств харчової промисловості, стічні води яких характеризуються високим вмістом органічних забруднень, жирів та завислих речовин. Проаналізовано технологічну схему очищення стічних вод, що включає стадії механічного очищення, реагентної обробки, флотації та біологічного доочищення.

У роботі детально розглянуто функціонування основних елементів очисних споруд, зокрема каналізаційної насосної станції, барабанного сита, первинного відстійника, системи дозування реагентів, аеробних біореакторів та вузла обробки осаду. Запропоновано систему автоматичного керування технологічним процесом на основі програмованого логічного контролера, що забезпечує контроль та регулювання основних технологічних параметрів: рівня стічних вод, витрати потоку, значення рН, подачі реагентів та повітря для процесів аерації.

Розроблено функціональну схему автоматизації та описано алгоритми роботи основних контурів регулювання. Для забезпечення зручності експлуатації та моніторингу технологічного процесу реалізовано систему візуалізації на базі операторської панелі, яка дозволяє здійснювати контроль стану обладнання,

**дистанційне керування виконавчими механізмами, а також реєстрацію та обробку аварійних повідомлень.**

**Запропонована система автоматизації забезпечує підвищення ефективності очищення стічних вод, стабілізацію технологічних режимів роботи очисних споруд, зменшення витрат реагентів та енергоресурсів, а також підвищення надійності функціонування системи очищення.**

**Ключові слова:** очищення стічних вод, автоматизація технологічних процесів, очисні споруди, флотація, біологічне очищення, програмований логічний контролер, система управління.

**Актуальність теми.** Очищення виробничих стічних вод підприємств харчової промисловості, зокрема м'ясокомбінатів, є важливою екологічною проблемою. Такі стічні води характеризуються високим вмістом органічних забруднень, жирів та завислих речовин, що може призводити до значного негативного впливу на навколишнє середовище. Ефективність роботи очисних споруд значною мірою залежить від стабільності технологічних режимів та своєчасного контролю основних параметрів процесу. Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє підвищити ефективність очищення, зменшити вплив людського фактора та оптимізувати роботу обладнання. Тому розробка та впровадження автоматизованих систем управління процесами очищення стічних вод є актуальним завданням. Метою статті є дослідження та розробка системи автоматизації технологічного процесу очищення стічних вод м'ясокомбінату, що забезпечує контроль та регулювання основних технологічних параметрів, підвищення ефективності роботи очисних споруд та стабільність функціонування системи очищення.

**Викладення основного матеріалу.** Технологічна схема роботи очисних споруд наведена на рис. 1.

Виробничі стічні води від м'ясокомбінату самопливом надходять в КНС, звідки зануреним насосом (поз.1-1) по напірному колектору К13Н поступають в барабанне сито (поз.1-2), де відбувається видалення механічних домішок, жиру та сміття, що містяться в стічних водах. Сміття з барабанного сита (поз.1-2) скидається в контейнер для сміття (поз.1-3). На напірному колекторі К13Н встановлений ротаметр для контролю витрати води.

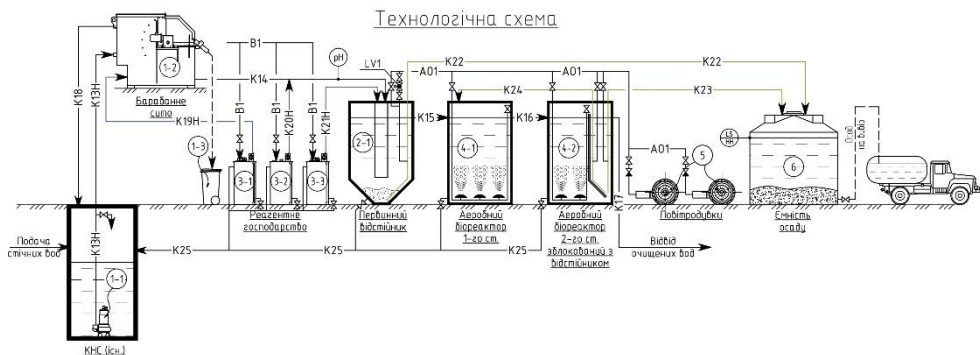


Рис.1. Технологічна схема очистки стічних вод від м'ясокомбінату

Далі стоки надходять в первинний відстійник (поз.2-1) в який дозуються наступні реагенти:

1.Лужний реагент для контролю рН середовища – з станції приготування та дозування лужного реагенту (поз.3-1);

2.Коагулянт для очищення стічних вод від органічних забруднень – з станції приготування та дозування коагулянту (поз.3-2);

3.Флокулянт для покращення процесу осадження осаду у первинному відстійнику – з станції приготування флокулянту (поз.3-3).

Після фізико-хімічного очищення вода самопливно перетікає на біологічне доочищення: спочатку в аеробний біореактор I-го ступеню а потім в аеробний біореактор II-го ступеню, який заблокований в вторинним відстійником. Для забезпечення процесу біологічного доочищення в обидва біореактори подається повітря від повітродувки (поз.5), також за допомогою повітря працюють ерліфт рециркуляції мулу (K24), ерліфт відводу надлишкового мулу в ємність осаду (K23) та ерліфт відводу осаду з первинного відстійника (K22). Очищена вода скидається у водний об'єкт.

Осад з первинного відстійника та надлишковий активний мул за допомогою відповідних ерліфтів направляється в ємність осаду (поз.6) звідки по мірі накопичення вивозиться асенізаційними машинами.

Автоматизація технологічної схеми очищення стічних вод м'ясокомбінату призначена для забезпечення стабільної, безпечної та енергоефективної роботи очисних споруд шляхом контролю і регулювання основних технологічних параметрів.

## Функціональна схема автоматизації

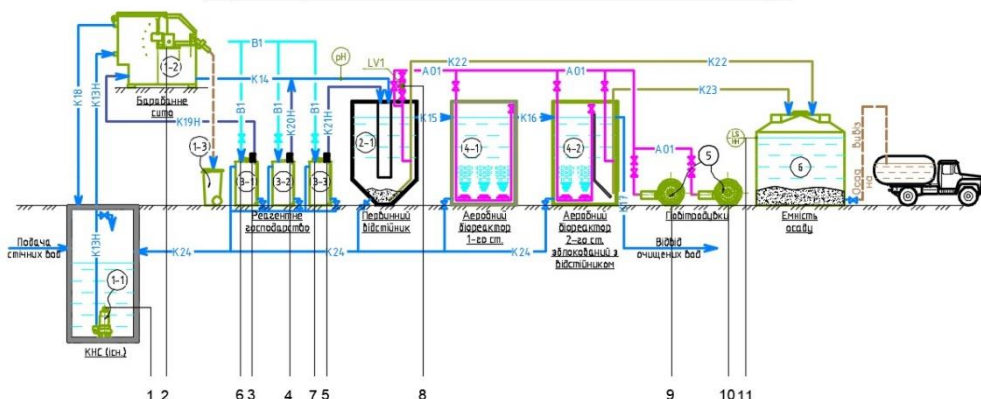


Рис.2. Функціональна схема автоматизації

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прилади за місцем	LE		QE								LE
Прилади в щиті	IA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Контролер	Дискретний вхід										
	Дискретний вихід										
Призначення	1M1	1M2	3M1	3M2	3M3	3M4	3M5	1Y1	5M1	5M2	6LE1

Умовні позначення		
Позначення на схемі автоматизації	Опис	Примітки
NS	Комутуючий пристрій (магнітний пускач, реле)	
QE	Давач концентрації рН розчину	
LE	Давач рівня	
IA	Реле струму двигуна	

Рис.3. Експлікація приладів та позначень

У системі автоматизації використовуються такі засоби контролю та керування:

- давач верхнього аварійного рівня в ємності осаду (6LE1);
- насос подачі стічних вод (1M1);
- барабанне сито (1M2);
- насос-дозатор вапна (3M1);
- насос-дозатор коагулянту (3M2);
- насос-дозатор флокулянту (3M3);
- мішалка в баку вапна (3M4);



- мішалка в баку флокулянту (3М5);
- електромагнітний клапан LV1 на повітропроводі (1Y1);
- повітродувка основна (5M1);
- повітродувка резервна (5M2);

Система автоматизації охоплює всі основні вузли: КНС, механічне очищення, реагентне господарство, відстоювання, біологічне очищення та вузол обробки осаду та складається з наступних контурів регулювання:

### **1) Рівня води в каналізаційно насосній станції**

Для забезпечення функціонування установки та уникнення підтоплення необхідно регулювати рівень води в каналізаційно насосній станції. Робота даного контура наступна: при запуску системи в автоматичному режимі подається напруга на дренажно-фекальний насос 1M1, який йде з власним поплавком. Якщо рівень води вище поплавка, то поплавок замикає внутрішній контакт і подається напруга на насос до тієї пори, доки рівень води не впаде і поплавок знову розімкне напругу живлення. Цикл знову повторюється від швидкості приходу стічних вод. Висота робочого рівня визначається довжиною кабеля поплавка і становить зазвичай до 1 м.

### **2) Механічне очищення в барабанному ситі**

Барабанне сито забезпечує перший — і критично важливий — етап механічної фільтрації. Саме він захищає наступні ступені очистки від перевантаження, зменшує ризик засмічень і продовжує строк служби всього комплексу очисних споруд. Величина домішок, що затримуються в ситі визначається конструкторськими особливостями.

### **3) Реагентна обробка стічної води**

В залежності від складу стічної води необхідно дозувати коагулянт, флокулянт для відділення домішок у флотаторі. Даний контур працює наступним чином: подача стічної води насосом 1M1 відслідковується за допомогою реле струму IA, яке вмонтоване в щиті (рис. 4) і дає сигнал на контролер коли саме працює насос. При наявності інформації про подачу стічних вод на флотатор подається сигнал на насоси-дозатори коагулянту 3M2 та флокулянту 3M3 дозувати реагенти з пропорцією, яка задається механічним регулятором.

### **4) PH стічної води**

Однією з умов осадження домішок у флотаторі є PH води на заданому рівні. Для цього насос-дозатор вапна вмикається разом із

насосом подачі стічних вод із КНС 1М1, але додатково має власний РН метр, який монтується на трубопроводі і підключається до насоса. В разі відхилення РН стічної води від заданої і при роботі насоса подачі 1М1 вмикається подача розчину вапна для стабілізації РН у флотаторі. Додатково стоять змішувачі в баку вапна 3М4 та флокулянту 3М5, щоб забезпечити рівномірність розчинів.

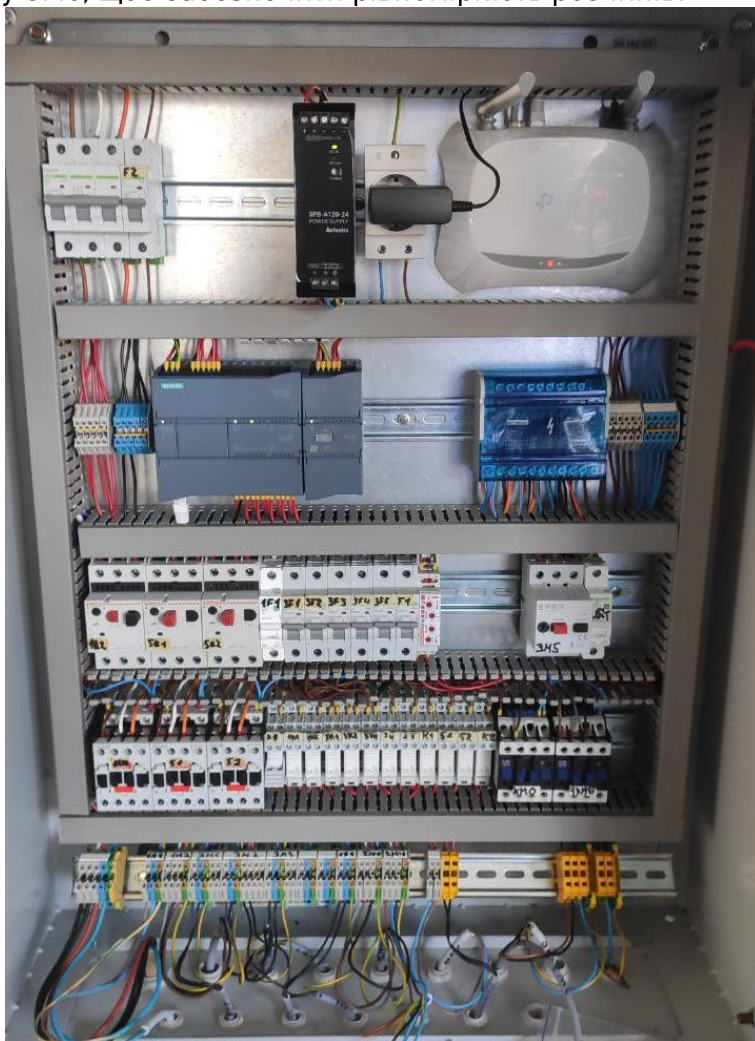


Рис.4. Внутрішній вигляд розробленого щита автоматизації

#### **5) Рівня відходів в ємності осаду**

Після очищення води у флотаторі забруднення подається в ємність осаду, в якій встановлено давач верхнього аварійного рівня, що сигналізує про необхідність вивезення осаду.

#### **6) Наявності кисню у флотаторі**



Під час флотації стічних вод подача повітря використовується для підвищення ефективності процесу очищення. Для цього постійно працює повітродувка і через електромагнітний клапан 1Y1 подається додаткове повітря на флотатор по часу, що виставляється в меню оператора.

Система автоматичного керування реалізована на базі програмованого логічного контролера Siemens CPU 1214C з операторською панеллю Schneider Electric серії Harmony HMIET6400. Система забезпечує автоматичне та дистанційне керування технологічним процесом очищення стічних вод, контроль параметрів та аварійну сигналізацію.

Система передбачає два основні режими роботи:

Автоматичний режим

Увімкнення здійснюється кнопкою "Автоматичний режим ON" на екрані "Main". У цьому режимі все обладнання працює відповідно до заданих алгоритмів без втручання оператора.

- Дистанційний (ручний) режим

Активується на екрані «Distance» при стані " Distance mode OFF". У цьому режимі оператор має можливість вручну вмикати та вимикати окремі механізми кнопками «ВКЛ/ВИКЛ».

Перемикання режимів блокує взаємне керування, що виключає помилкові команди.

#### **Опис роботи системи.**

На кожному екрані системи (див. рис. 5) відображені кнопки навігації по основних екранах комплексу, а саме:

-кнопка "Main" - перехід на екран на якому схематично відображено технологічний процес та наявна індикація стану всіх засобів автоматизації (див. рис.6);

-кнопка "Settings" - перехід на екран налаштувань системи(див. рис.7);

-кнопка "Distance" - перехід на екран дистанційного керування об'єктами автоматизації (див. рис.8);


-кнопка "Alarm" - перехід на екран обробки і аналізу аварійних повідомлень (див. рис.9);

-кнопка "Contacts" - перехід на екран інформації про розробника системи автоматизації.






Рис. 5. Кнопки навігації по меню візуалізації

На мнемосхемі технологічного процесу відображено умовне розташування резервуарів, технологічних труб, давачів, виконавчих механізмів, а також напрям руху відповідних потоків.




Двигуни мають зовнішній вигляд кола  з надписом номеру двигуна всередині відповідно до розташування на технологічній схемі.

Індикація стану двигуна по кольору:



-  - сірий – двигун вимкнено;
-  - зелений – двигун увімкнено.

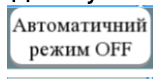
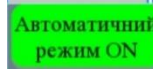
Давачі рівня мають зовнішній вигляд прямокутника  з надписом номеру давачі всередині відповідно до розташування на технологічній схемі.

Індикація стану давачі рівня по кольору:

-  - сірий – давач не спрацьований;
-  - зелений – давач робочого рівня спрацьований;
-  - червоний – давач верхнього або нижнього аварійного рівня в аварійному стані.

Запуск системи в автоматичному режимі здійснюється на екрані «Settings» після налаштування системи кнопкою:

«Старт» -  , зупинка проводиться кнопкою «Стоп» -  . Стан автоматичного режиму відображається у відповідному вікні:

-  - виключено автоматичний режим;
-  - включено автоматичний режим.

На екрані «Settings» вводяться дані роботи обладнання, уставки для технологічних режимів. Кожен параметр має опис до якого об'єкта відноситься, одиницю вимірювання та поле вводу значення.

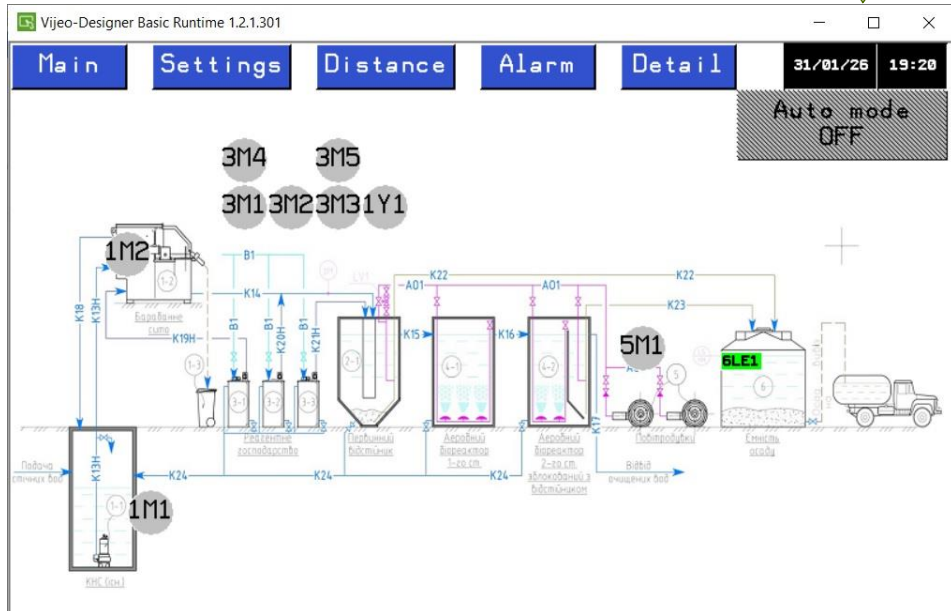


Рис. 6. Мнемосхема технологічного процесу

Налаштування обладнання			
1Y1 EM клапан час роботи	0.00	с	
1Y1 EM клапан час зупинки	0.00	хв	

Рис. 7. Екран «Settings»

На екрані «Distance» реалізовано можливість віддаленого керування кожним виконавчим механізмом. Для запуску дистанційного режиму необхідно натиснути кнопку «Старт», зупинка проводиться кнопкою «Стоп». Стан дистанційного режиму відображається у відповідному вікні:

- «Дистанційний режим OFF» - вимкнено дистанційний режим;
- «Дистанційний режим ON» - вкључено дистанційний режим;

Кожний двигун або клапан має відповідний перемикач для роботи в дистанційному режимі з надписом номеру об'єкта, а також індикацією стану, як показано на рис. 8.

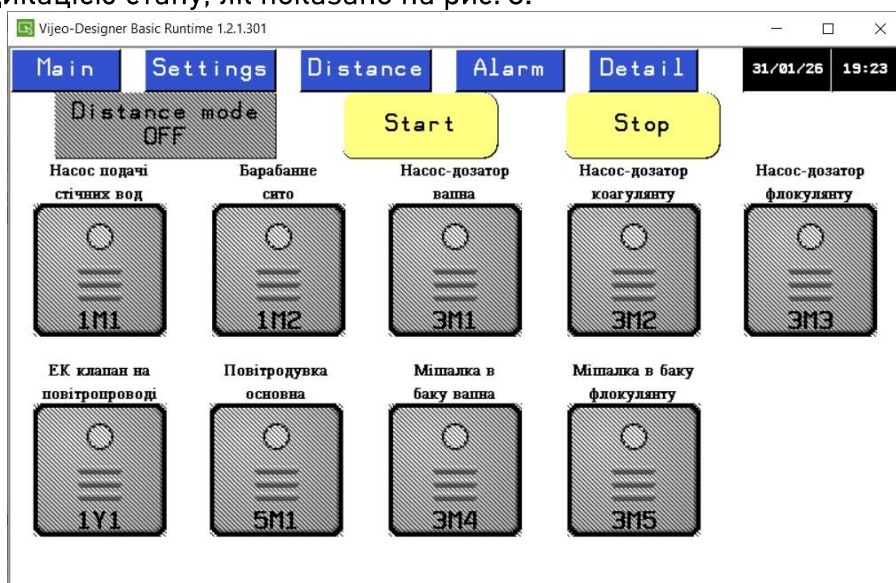


Рис. 8. Екран «Distance»

На екрані «Alarm» відображаються аварійні повідомлення з деталізацією щодо дати і часу коли сталася подія. Також після усунення причини аварійного повідомлення присутня кнопка «Reset Alarm»(скинути помилку) для повернення системи в режим нормальної експлуатації (рис. 9).

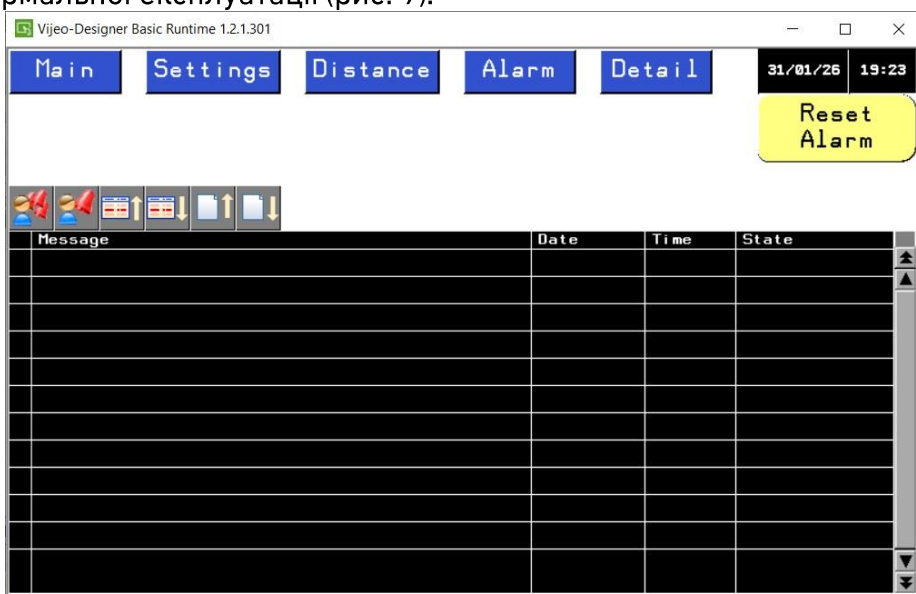


Рис. 9. Екран «Alarm»



## Висновок.

В результаті проведеного дослідження розглянуто технологічну схему очищення стічних вод м'ясокомбінату та визначено основні етапи процесу: механічне очищення, реагентну обробку, відстоювання та біологічне доочищення. Розроблено функціональну схему автоматизації, яка охоплює основні вузли очисних споруд та забезпечує контроль ключових параметрів технологічного процесу. Запропонована система керування реалізована на базі програмованого логічного контролера та операторської панелі, що дозволяє здійснювати автоматичне та дистанційне керування обладнанням. Використання автоматизованої системи забезпечує підвищення ефективності очищення стічних вод, зменшення витрат реагентів та енергоресурсів, а також підвищення надійності роботи очисних споруд. Запропоновані рішення впроваджено в існуючий об'єкт, а також можуть бути використані під час модернізації існуючих або проектування нових систем очищення стічних вод підприємств харчової промисловості.

1. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 296 с. 2. Сухаський Ю.В., Знак З.О. Флотація як стадія кавітаційно-флотаційної технології очищення водних середовищ // Львівська політехніка, СТАС. 2019; Випуск 2, Номер 1, с.53-58. 3. А. П. Сафоник, І. М. Таргоній, М. Клепач. Research and automation of biological reactors of effluent with oxygen concentration control // *Radio Electronics, Computer Science, Control*. – 2017. – №3. – Р. 192–197. 4. І. М. Таргоній, А. П. Сафоник, М. Трохимчук. Оптимізація системи регулювання витрати стічних вод в абсорбційно-біохімічній установці // *Modeling, Control and Information Technologies*. – 2024. – №7. – С. 357–358. 5. Droste R.L., Gehr R. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. – Wiley, 2018. – 984 p. 6. Коваленко В.О., Швачко Н.А. Очищення стічних вод підприємств харчової промисловості. – Київ: Ліра-К, 2018. – 212 с.

## REFERENCES

1. Sabliy L.A. Fyzyko-khimichni ta biolohichni ochyshchennya vysokokontsentrovanykh stichnykh vod. – Kyiv: NTUU «KPI», 2011. – 296 s. 2. Sukhats'kyy YU.V., Znak Z.O. Flotatsiya yak stadiya kavitatsiyno-flotatsiynoyi tekhnolohiyi ochyshchennya vodnykh seredovyshch // L'vivs'ka politekhnika, TSTAS. 2019 rik; Vypusk 2, Nomer 1, s.53-58. 3. A. p. Safonyk, I. M. Tarhoniyy, M. Klepach. Doslidzhennya ta avtomatyzatsiya biolohichnykh reaktoriv stokiv z kontrolem kontsentratsiyi kysnyu // *Radioelektronika, informatyka, upravlinnya*. – 2017. – №3. – S. 192–197. 4. І. М. Таргоній, А. п. Сафоник, М.

Trokhymchuk. Optymizatsiya systemy rehulyuvannya vytrat stichnykh vod v absorbtsiyno-biokhimichnykh ustanovakh // Modelyuvannya, upravlinnya ta informatsiyni tekhnolohiyi. – 2024. – №7. – S. 357–358. 5. Droste R.L., Her R. Teoriya ta praktyka ochyshchennya vody ta stichnykh vod. – Wiley, 2018. – 984 s. 6. Kovalenko V.O., Shvachko N.A. Ochyshchennya stichnykh vod pidpryemstv kharchovoyi promyslovosti. – Kyiv: Lira-K, 2018. – 212 s.

---

**Safonyk A.P.** ( <sup>1</sup>; ORCID: 0000-0002-502089051)

Doctor of Engineering, Professor

**Tarhonii I.M.** ( <sup>1</sup>; ORCID: 0000-0002-502089051)

PhD in Engineering, Senior Lecturer

**Trokhymchuk M.M.**, (<sup>1</sup>)

Postgraduate Student

**Tarhonii O.O.** (<sup>1</sup>)

Student

<sup>1</sup>National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

## **AUTOMATION OF THE FLOTATION PROCESS IN THE TREATMENT OF MEAT PROCESSING PLANT WASTEWATER**

**This article examines the automation of the industrial wastewater treatment process at a meat processing plant using flotation methods. The relevance of this study stems from the need to improve the efficiency of treatment facilities at food industry enterprises, whose wastewater is characterized by high levels of organic pollutants, fats, and suspended solids. The technological scheme for wastewater treatment is analyzed, which includes the stages of mechanical treatment, chemical treatment, flotation, and biological post-treatment.**

**The paper examines in detail the operation of the main elements of the treatment facilities, specifically the sewage pumping station, drum screen, primary clarifier, reagent dosing system, aerobic bioreactors, and sludge treatment unit. An automatic process control system based on a programmable logic controller is proposed, which ensures the monitoring and regulation of key process parameters: wastewater level, flow rate, pH value, and the supply of reagents and air for aeration processes.**

**A functional diagram of the automation system has been developed, and the operating algorithms for the main control loops have been described. To ensure ease of operation and monitoring of**

**the process, a visualization system based on a control panel has been implemented, which allows for monitoring the status of equipment, remote control of actuators, as well as the recording and processing of alarm messages.**

**The proposed automation system improves the efficiency of wastewater treatment, stabilizes the operating modes of the treatment facilities, reduces the consumption of reagents and energy resources, and enhances the reliability of the treatment system's operation.**

**Keywords:** wastewater treatment, automation of technological processes, treatment facilities, flotation, biological treatment, programmable logic controller, control system.

Отримано: 09 січня 2026 року  
Прорецензовано: 10 лютого 2026 року  
Прийнято до друку: 27 березня 2026 року



© 2026 [Safonyk A.P., Tarhonii I.M., Trokhymchuk M.M., Tarhonii O.O.]. Licensee [NUWEE]. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license ([creativecommons.org](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).