



20&%

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 27 № 4

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2021

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

The journal was designed for professors, tutors, scientists, post-graduates, students of higher education establishments and executives of the food industry.

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical (specialties — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) and economic sciences (specialties — 051, 073, 075), category “B” (Decree of MES of Ukraine # 975 from July 11, 2019), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is indexed by the following scientometric databases:

- EBSCOhost
- Google Scholar

The Journal is recommended for publication of research results by the Ministry of Science and Higher Education of Poland.

Editorial office address:

National University of
Food Technologies
Volodymyrska str., 68,
building B, room 412
01601 Kyiv, Ukraine

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. Minutes of meeting # 1 from 09th of September, 2021

© NUFT, 2021

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів, керівників підприємств харчової промисловості.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних (спеціальності — 121, 126, 133, 141, 144, 151, 162, 181) та економічних наук (спеціальності — 051, 073, 075), категорія «Б» (Наказ МОН України № 975 від 11.07.2019), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» індексується такими наукометричними базами:

- EBSCOhost
- Google Scholar

Журнал рекомендовано Міністерством науки і вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68,
корпус Б, к. 412,
м. Київ, 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 1 від 09 вересня 2021 року

© НУХТ, 2021

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу

«Наукові праці Національного університету харчових технологій»

Головний редактор

Editor-in-Chief

Олександр Шевченко

Olexander Shevchenko

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food
Technologies, Ukraine

Відповідальний секретар

Accountable secretary

Анастасія Шевченко

Anastasiia Shevchenko

канд. техн. наук, доц., Україна

Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Члени редакційної колегії:

Агота Гедре Райшене

Agota Giedre Raisiene

д-р екон. наук, Литва

Ph. D. Hab., Lithuanian Institute of Agrarian Economics,
Lithuania

Атанаска Тенева

Atanaska Teneva

д-р екон. наук, доц., Болгарія

Ph. D. Hab., As. Prof., University of Food Technologies,
Bulgaria

Анатолій Зайнчковський

Anatoly Zainchkovskiy

д-р екон. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Анатолій Ладанюк

Anatoly Ladanyuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Андрій Маринін

Andrii Marynin

канд. техн. наук, ст. наук. сп., Україна

Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Браян Мак Кенна

Brian McKenna

д-р техн. наук, проф., Ірландія

Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland

Валерій Мирончук

Valeriy Myronchuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Василь Кишенюк

Vasyl Kyshenko

канд. техн. наук, проф., Україна

Ph. D., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Василь Пасічний

Vasyl Pasichnyi

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

В'ячеслав Івашук

Vyacheslav Ivaschuk

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Віктор Стабніков

Viktor Stabnikov

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Володимир Зав'ялов

Volodymyr Zavialov

д-р техн. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,
Ukraine

Галина Колісник

Halyna Kolisnyk

д-р екон. наук, проф., Україна

Ph. D. Hab., Prof., Uzhhorod National University, Ukraine

Галина Поліщук Halyna Polishchuk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Герхард Шльонінг Gerhard Schleining	д-р техн. наук, Австрія Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria
Дайва Лескаускайте Daiva Leskauskaitė	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
Ірина Штулер Iryna Shtuler	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National academy of management
Кристина Сильва Cristina L. M. Silva	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
Лада Шірінян Lada Shirinyan	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Лариса Арсенєва Larisa Arsenyeva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Луцька Nataliia Lutska	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Бутнік-Сіверський Oleksandr Butnik-Siverskyi	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Гавва Oleksandr Gavva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Кургаєв Oleksandr Kurgaev	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Дерев'янюк Olena Derevianko	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олена Стабнікова Olena Stabnikova	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Паола Піттія Paola Pittia	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
Володимир Ковбаса Volodymyr Kovbasa	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Бондаренко Svitlana Bondarenko	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Світлана Літвинчук Svitlana Litvynchuk	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Сергій Чумаченко Serhii Chumachenko	д-р техн. наук, ст. наук. сп., Україна Ph. D. Hab., As. Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Хууб Лелієвельд Huub Lelieveld	д-р наук, проф., Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, the Netherlands

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

7 *Роговик А. В., Засць Н. А., Ельперін І. В., Штепа В. М.* Підвищення ресурсоефективності очищення стічних вод цукрового заводу шляхом використання монітору хімічного споживання кисню

16 *Власенко Л. О., Савченко Т. В., Луцька Н. М.* Вибір ієрархії та онтології верхнього рівня для розробки інтелектуальних автоматизованих систем управління промисловим підприємством

Безпека харчових продуктів і охорона праці

28 *Марценюк О. С., Літвинчук С. І., Марценюк Л. С.* Класичні і квантово-динамічні властивості питної води

Біотехнології

43 *Пирог Т. П., Іванов М. С., Ярова Г. А.* Антимікробна активність поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих за наявності біологічних індукторів

53 *Старовойтова С. О.* Взаємозв'язок пробіотиків та SARS-COV-2 (Covid-19) *in vivo*

63 *Удимович В. М.* Застосування біоцементації в контексті вирішення екологічних питань

83 *Юнгін О. С., Поточилова В. В., Руднева К. Л., Мошинець О. В.* Стійкість до антибіотиків мікроорганізмів, асоційованих з рановими поверхнями

Економіка, менеджмент і маркетинг

90 *Петухова О. М., Еш С. М.* Кліринг як вид професійної діяльності

98 *Рибачук-Ярова Т. В., Тюха І. В., Дунда С. П.* Ефективна операційна діяльність — іманентна характеристика конкурентоспроможності та стратегічного розвитку суб'єктів ЗЕД

107 *Удворгелі Л. І., Хаустова К. М., Чорій М. В.* Стратегії адаптації санаторно-курортних закладів в умовах пандемії Covid-19

Механічна та електрична інженерія

117 *Балута С. М., Йовбак В. Д., Копилова Л. О., Куєвда Ю. В.* Компенсація реактивної потужності в системах електрозабезпечення промислових і цивільних об'єктів

Харчові технології

129 *Камінська С. В., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Мартиненко Т. А.* Використання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів у харчових технологіях

140 *Грабовська О. В., Сабадаш Н. І., Авраменко А. Д., Додонова-Судбіна К. О., Пастух Г. С.* Розроблення рецептурної композиції рідкого цукрозамінника на основі стевії та мальтозного сиропу для безалкогольних напоїв

CONTENTS

Automation and Information Technologies

7 *Rogovyk A., Zaiets N., Elperin I., Shtepa V.* Improving the resource efficiency of sugar plant wastewater treatment by using a monitor of chemical consumption of oxygen

16 *Vlasenko L., Savchenko T., Lutska N.* Choice of hierarchy and ontology of the top level for the development of intellectual automated control systems for industrial enterprises

Food Products Safety and Occupational Health

28 *Martseniuk A., Litvynchuk S., Martseniuk L.* Classic and quantum-dynamic properties of drinking water

Biotechnologies

43 *Pirog T., Ivanov M., Yarova H.* Antimicrobial activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 surfactants, synthesized in the presence of biological inductors

53 *Starovoitova S.* Relationships between probiotics and SARS-COV-2 (Covid-19) *in vivo*

63 *Udymovych V.* Application of biocementation in the context of solving environmental issues

83 *Jungin O., Potochilova V., Rudnieva K., Moshynets O.* Antibiotic resistance of microorganisms associated with wound surfaces

Economy, Management and Marketing

90 *Pietukhova O., Esh S.* Clearing as type of professional activity

98 *Rybachuk-Iarova T., Tiukha I., Dunda S.* Efficient operational activity — immanent characteristics of competitiveness and strategic development of FEA subjects

107 *Udvorgeli L., Khaustova K., Choriy M.* Strategies for adaptation of sanatorium and resort institutions in the conditions of the Covid-19 pandemic

Mechanical and Electrical Engineering

117 *Baluta S., Jovbak V., Kopilova L., Kuievska Iu.* Compensation of reactive power in electrical supply systems of industrial and civil facilities

Food Technologies

129 *Kaminska S., Simakhina G., Naumenko N., Martynenko T.* Using the frozen fruit and berry half products in food technologies

140 *Hrabovska O., Sabadash N., Avramenko A., Dodonova-Sudina K., Pastukh H.* Development of a prescription composition of a liquid sweetener based on stevia and maltose syrup for beverages

- Полицук Г. Є., Сатіга В. Я., Осмак Т. Г., Шевченко І. І.* Порівняльний аналіз структуруючої здатності овочевих пюре у складі сумішей морозива 154 *Polischuk G., Sapiga V., Osmak T., Shevchenko I.* Comparative analysis of the potential of vegetable puree in the composition of ice cream mixtures
- Белінська К. О., Фалендиш Н. О.* Стан і перспективи наукових досліджень харчової сировини органічного походження 165 *Belinska K., Falendysh N.* State and prospects of scientific research of food raw materials of organic origin
- Немірич О. В., Устименко І. М.* Обґрунтування складу вершкового пастоподібного продукту з використанням стабілізованої емульгуючим комплексом харчової емульсії 179 *Niemirich O., Ustymenko I.* Justification of the composition of cream spread product using food emulsion stabilized by emulsive complex
- Синиця О. В., Віннікова Л. Г.* Вплив режимів низькотемпературного оброблення на якість і безпеку м'яса свинини 187 *Synytsia O., Vinnikova L.* Influence of the low-temperature treatment conditions on quality and safety of the pork meat
- Демидова А. О., Гладкий Ф. Ф., Шеманська Є. І.* Дослідження можливості дезодорування соняшникового лецитину 199 *Demydova A., Gladky F., Shemanska Y.* Study of the possibility of deodorization of sunflower lecithin
- Світлій пам'яті талановитого вченого Леоніда Дем'яновича Бобрівника** 209

УДК 681.518.3

IMPROVING THE RESOURCE EFFICIENCY
OF SUGAR PLANT WASTEWATER TREATMENT
BY USING A MONITOR OF CHEMICAL CONSUMPTION
OF OXYGEN

A. Rogovyk, N. Zaiets, I. Elperin

National University of Food Technologies

V. Shtepa

Polesie State University

Key words:

*Wastewater
Sugar production
Chemical oxygen
consumption*

Article history:

Received 06.07.2021
Received in revised form
19.07.2021
Accepted 13.08.2021

Corresponding author:

A. Rogovyk
E-mail:
andrey_rogovik@ukr.net

ABSTRACT

The qualitative and quantitative indicators of sugar production wastewater are examined in this article. Methods of wastewater treatment are analyzed. It was revealed that in the wastewater treatment process the key point was occupied by biochemical treatment, which differs in the complexity of processes, variety of technological schemes, high inertia and constant change of disturbing factors.

A feature of wastewater from sugar factories was a high concentration of suspended solids of organic and mineral origin and dissolved organic pollutants in their composition. Most wastewater from sugar production is generated in the conveyor and washing department (36.5%), thermal power plant (14.5%), diffusion department (6.23%) and from domestic premises and washing equipment (8%). Modern means of automation are sufficient for the implementation of local automatic control systems, but to measure the quality of the process in aeration tanks (the key process of the purification system), only laboratory studies of biological oxygen consumption are required. To ensure the functioning of the system in real time, it was proposed to use a chemical oxygen consumption monitor based on chemiluminescence.

To improve the quality of regulation a resource-efficient conceptual scheme of a monitoring system in real time, parameters of wastewater treatment for sugar production and a scheme for measuring parameters and scheme for measuring the quality and quantity of wastewater in the places of its formation have been developed. These indicators will be transmitted to the automatic control system of treatment equipment. This will reduce the inert component and increase the reaction speed of the system and provide an ability to respond to changes in the mode of production. In the future, a system for forecasting and determining the parameters of pollution by indirect indicators will be developed, which in turn will have a positive impact on the quality of regulation and water treatment in general.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-4-3

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МОНІТОРУ ХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

А. В. Роговик, Н. А. Заєць, І. В. Ельперін

Національний університет харчових технологій

В. М. Штепа

Поліський державний університет

У статті досліджено якісні і кількісні показники стічних вод цукрового виробництва. Проаналізовано методи очистки стічних вод. Виявлено, що в процесі очищення стоків цукрового виробництва ключове місце займає біохімічна очистка, яка відрізняється складністю процесів, різноманітністю технологічних схем, високою інерційністю і постійною зміною збурюючих факторів.

Особливістю стічних вод цукрових заводів є висока концентрація в їх складі зважених речовин органічного та мінерального походження і розчинених органічних забруднювачів. Найбільше стічних вод цукрового виробництва формується на транспортерно-мийному відділенні (36,5%), теплоелектроцентралі (14,5%), дифузійному відділенні (6,23%), від побутових приміщень і миття апаратури (8%). Сучасних засобів автоматизації достатньо для реалізації локальних систем автоматичного регулювання, але для вимірювання якості перебігу процесу в аеротенках (ключовий процес системи очищення) необхідні виключно лабораторні дослідження біологічного споживання кисню. Для забезпечення функціонування системи в режимі реального часу пропонується використовувати монітор хімічного споживання кисню на основі хемілюмінесценції.

Для покращення якості регулювання розроблено ресурсоефективну концептуальну схему системи моніторингу, в режимі реального часу, параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва та схему вимірювання якісних і кількісних показників стічної води в місцях її формування. Ці показники будуть передаватись у систему автоматичного керування очисним обладнанням. Це надасть можливість зменшити інертну складову і збільшить швидкість реакції системи, а також з'явиться можливість реагувати на зміни режиму роботи виробництва. В перспективі буде розроблятися система прогнозування та визначення параметрів забруднення за непрямыми показниками, що, у свою чергу, позитивно позначиться на якості регулювання та очищення в цілому.

Ключові слова: стічні води, цукрове виробництво, хімічне споживання кисню.

Постановка проблеми. Стічні води цукрових заводів характеризуються високою концентрацією зважених речовин, високими показниками БСК (біологічного споживання кисню) і ХСК (хімічного споживання кисню), а також наявністю у високих концентраціях сапоніну.

Скидання таких вод у водойму може не тільки порушити його природний режим, але й зробити воду водойми непридатною для промислових і побутових цілей. Для повторного використання води та захисту водойми, в якій вона відводиться, необхідно здійснювати попередню очистку стічної води на очисних станціях.

Очищення стічних вод можна здійснювати механічними, біологічними, фізико-хімічними або комплексними методами видалення забруднень. Найефективнішим методом на сьогодні є саме комплексна очистка стічних вод, в якій основну роль відіграє біологічний метод, що здійснюється за допомогою активного мулу — біоценозу мікроорганізмів, ключову роль у якому відіграють бактерії.

Такий процес вимагає використання електротехнологій, тобто мають місце значні енерговитрати, відповідно, обов'язковим є передбачення заходів і засобів щодо підвищення енергоефективності, в тому числі із застосуванням сучасних підходів автоматизованого управління (Запольський, 2005).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях низки авторів розглядаються методи зменшення витрат води на безповоротне водоспоживання та пропонуються методи для зменшення стічних вод та свіжої води на виробництво (Сорокін, Скорик... & Штангеев, 2015), порушуються питання технічної досконалості оборотних систем водопостачання гідротранспорту та миття буряків, які є складовими типових схем водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 170, 85 і 50% до маси буряків (Сорокін, & Хоменко, 2015). У праці (Зінченко, Пономаренко... & Голубкіна, 2020) вивчалися процеси анаеробного зброджування стічних вод одного з цукрових заводів України. Експерименти проводили в біореакторі з висхідним потоком активного мулу.

При цьому питання розробки енергоефективних систем керування процесами очистки стічних вод цукрового виробництва не розглядалися. Аналіз результатів підтвердив перспективність розробки ресурсоефективної системи очистки стічних вод цукрового заводу.

Мета дослідження: розробити ресурсоефективну систему очищення стічних вод цукрового заводу.

Матеріали і методи. Особливістю стічних вод цукрових заводів є висока концентрація в їх складі зважених речовин органічного та мінерального походження і розчинених органічних забруднювачів, дефіцит біогенних речовин (сполук азоту та фосфору), можливість наявності сапоніну, що негативно впливає на біологічну очистку стічних вод, а також сезонність їх формування. Якісний склад стоків цукрового заводу наведено в табл. 1 (Васильєв та ін., 2017).

Усі стічні води цукрових заводів можна розділити на три категорії. Так, до I категорії належать стічні води слабо забруднені, що мало відрізняються від вихідної води — конденсаційна або барометрична вода, вода від охолодження, від гідравлічного підйомника. Конденсаційна вода містить невелику кількість аміаку і летючих органічних речовин, через що її окислюваність досягає 150 мг/л. Температура стічних вод цієї категорії, зазвичай, досягає 35—40°C.

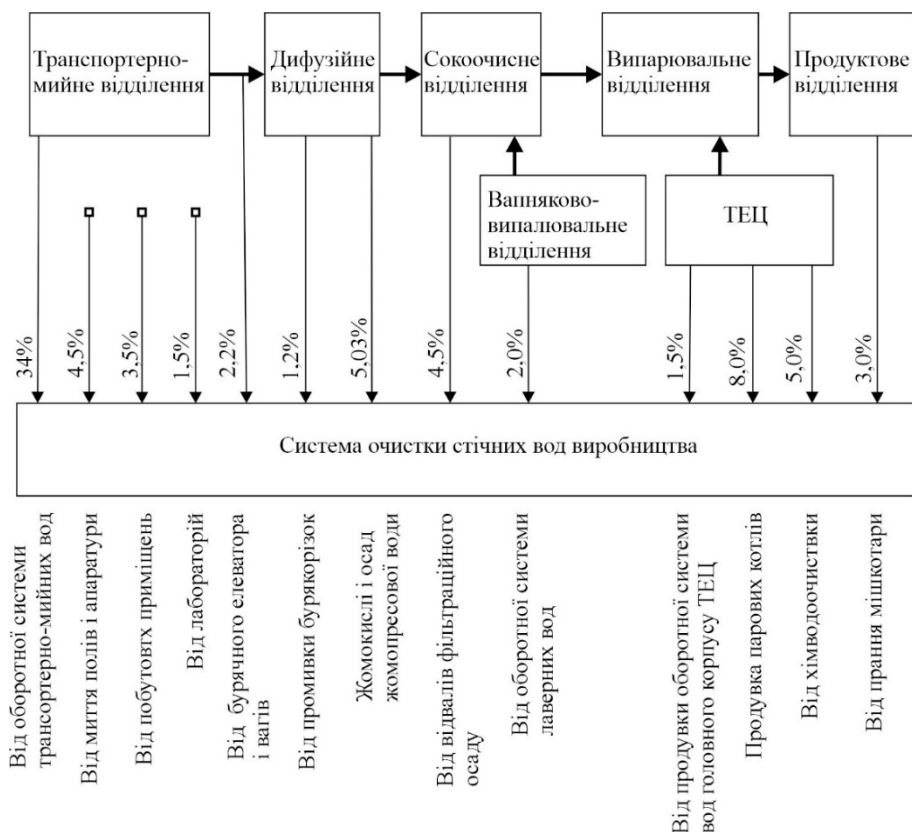


Рис. 1. Місця формування стічних вод цукрового виробництва

Таблиця 1. Якісний склад стічних вод цукрового виробництва

Показник	Одиниця вимірювання	Стічні води		Показник	Одиниця измерения	Стічні води	
		до очистки	після очистки			до очистки	після очистки
1	2	3	4	1	2	3	4
Температура	°С	18	12	Залишок:			
				сухий	мг/л	4400	875
				прогартований	мг/л	600	188
Прозорість по шрифту	см	0	20	Ca ²⁺	мг/л	213	188
Зважені речовини	мг/л	10700	50	Mg ²⁺	мг/л	78	35
Запах холодної і нагрітої	бал	4	2	Cl ⁻	мг/л	110	55
Кольоровість	град	Не нормується	Не більше 40	SO ₄ ²⁻	мг/л	68	15
Поріг розбавлення до зникнення:				Fe _{заг}	мг/л	1,8	0,4

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8		
запаху	Кратність	15	1,7	Окисність перманганатна	мгО ₂ /л	1750	13		
кольору		21	1,2	БПК5	мгО ₂ /л	2700	13		
pH	—	7,7	8,2	ХПК	мгО ₂ /л	6000	45		
Жорсткість:	мг-екв/л			Біогенні елементи:	мг/л				
				фосфор (у перерахунку на Р ₂ О ₅)				7,3	5,8
загальна		17	7,8	азот				85	43
карбонатна		6,8	5,3	Токсичні речовини:					
Лужність (загальна)		7,3	1,8	сапонін				8,5	0,4
			сірководень	7,2	0				

До II категорії стічних вод відносяться механічно забруднені стічні води: транспортерно-мийні (найбільша кількість), від пісколовок, бурякомийні і від елеватора. Крім механічних забруднень, ці стоки містять також органічні речовини, за рахунок яких БПК цієї групи вод досягає 490 мг/л.

До III категорії відносяться стічні води, найбільш забруднені органічними речовинами. Сюди відносяться дифузійні, фільтрпресні і жомові води. Вони швидко загнивають з утворенням масляної, молочної та інших кислот.

На рис. 1 структурно показано основні місця і кількості стічних вод цукрового виробництва щодо перероблених буряків. Зі схеми видно, що найбільше стічних вод цукрового виробництва формуються на транспортерно-мийному відділенні (36,5%), ТЕЦ (теплоелектроцентральної) (14,5%), дифузійному відділенні (6,23%), від побутових приміщень і миття апаратури (8%).

Викладення основних результатів дослідження. В процесі очищення стоків цукрового виробництва ключове місце займає біохімічна очистка, яка відрізняється складністю процесів, різноманітністю технологічних схем, високою інерційністю і постійною зміною збурюючих факторів. Ці особливості ускладнюють автоматизацію процесів біохімічної очистки. Складність автоматичного управління установками біохімічної очистки також полягає в тому, що більшість збурюючих факторів, яким піддається процес очищення стічних вод, дуже важко вимірювати автоматичними пристроями постійно.

Для контролю перебігу процесу необхідно передбачити вимірювання температури води на вході і виході в аеротенк, температури повітря, що подається, а також витрати повітря й рівень активного мулу. З якісних показників, що характеризують процес біохімічної очистки, доцільно контролювати мутність стічних вод на вході і виході аеротенків, вміст розчиненого кисню всередині аераційного бака і в стічній воді перед вторинним відстійником.

Найбільш важливим і складним в автоматизації аеротенків є регулювання подачі зворотного активного мулу і повітря. На очисних станціях використовують кілька схем регулювання подачі повітря й активного мулу в аеротенк. Однією з найпростіших є система пропорційного регулювання подачі повітря.

Повітря подається пропорційно кількості стічних вод. Головним недоліком такої системи є її нездатність реагувати на зміну якісних показників стоків. Співвідношення вибирається за результатами лабораторного аналізу.

Для того, щоб позбутися цього недоліку, використовують схеми регулювання за двома параметрами: кількістю стічних вод і концентрацією розчиненого кисню в муловій суміші в аеротенках. На відміну від пропорційного регулювання в цій схемі, крім вимірювання витрати вхідної стічної води, також вимірюють концентрацію розчиненого кисню в аеротенках. На основі цих даних за заданим алгоритмом визначають кількість органічних забруднень, які надійшли, і приріст активного мулу в результаті процесу очищення і регулюють подачу повітря.

Однак система, що працює за жорстким алгоритмом, не враховує коливання якості стічних вод, спричинені змінами режимів роботи цукрового заводу, а також зміни концентрації активного мулу, що надходить в аеротенк. До недоліків цієї системи слід також віднести можливість зниження якості регулювання забруднених стічних вод поверхнево-активними речовинами. Показники якості роботи системи значно поліпшуються завдяки додаванню в неї вимірювача концентрації активного мулу й органічних сполук у вхідній стічній воді. ПЛК (програмований логічний контролер) із заданим алгоритмом обробляє інформацію з пристроїв, що вимірюють витрату стічної води на вході, концентрацію забруднювачів в ній, витрату і концентрацію активного мулу, витрату надлишкового мулу і концентрації розчиненого кисню в аеротенках. На основі обробки отриманих даних здійснюється регулювання подачі повітря й активного мулу в аеротенк і підтримки постійної маси мулу в аеротенках та відстійниках.

Сучасних засобів автоматизації достатньо для реалізації локальних САР (система автоматичного регулювання): витрати повітря, рівня мулу у відстійнику, тиску в колекторі повітря, співвідношення, дозування реагентів для контролю температури, каламутності, рН, тиску тощо Але для вимірювання якості перебігу процесу в аеротенках (ключовий процес системи очищення) необхідні виключно лабораторні дослідження БСК (мінімум протягом 5 діб) для:

D_{53} — біологічне споживання кисню води в аеротенку-змішувачі;

D_{73} — біологічне споживання кисню води в аеротенку-витиснювачі.

З огляду на це недоліком схеми є нездатність функціонувати в режимі реального часу (РРЧ), постійна затримка між появою збурень (у вигляді зміни БСК) і технологічної реакцією, через що неможливо створити ефективну автоматичну систему управління технологічним процесами.

Мікробіологічні показники (P1 — Coli-індекс, P2 — Coli-титр) не критично вимірювати в РРЧ. Якщо правильно дозувати гіпохлорид NaOCl, то вони гарантовано будуть у нормі.

На рис. 2 показано концептуальну схему системи моніторингу параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва в режимі реального часу. Обробка осаду в цьому дослідженні не розглядається.

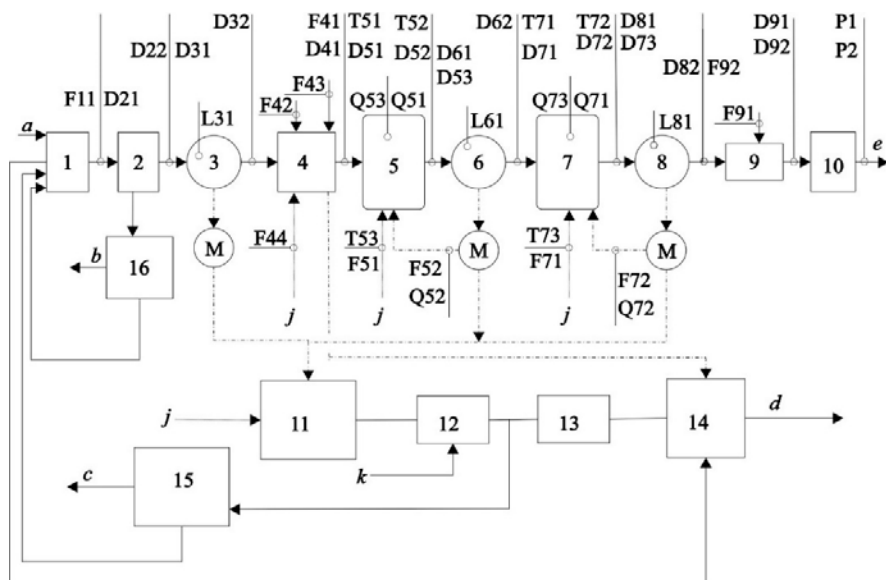


Рис. 2. Концептуальна схема системи моніторингу параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва в режимі реального часу:

1 — решітки-дробарки; 2 — пісколовлювачі; 3 — первинний відстійник; 4 — флотатор; 5 — аеротенк-змішувач; 6 — вторинний відстійник; 7 — аеротенк-витиснювач; 8 — третинний відстійник; 9 — лоток-змішувач; 10 — контактний резервуар; 11 — аеробний стабілізатор; 12 — камера дегельмінтизації; 13 — камера коагуляції; 14 — фільтр-прес; 15 — аварійний муловий майданчик; 16 — піщаний майданчик; М — насосна станція: а — вода з виробництва, б — пісок на вивіз, с — осад на вивіз, d — обезводнений осадок на вивіз, e — очищена вода, j — повітря, F11 — витрата стоків на вході, D21 — концентрація мінеральних домішок перед піскоуловлювачами, D22 — концентрація мінеральних домішок після піскоуловлювачів, D31 — мутність води до первинного відстійника, D32 — мутність води після первинного відстійника, L32 — рівень осаду (мулу) первинного відстійника, F41 — витрата води з флотатора, D41 — мутність (концентрація зважених частин) води на виході із флотатора, F42 — витрата $\text{Ca}(\text{OH})_2$, F43 — витрата $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, F44 — витрата повітря на флотацію, T51 — температура перед аеротенком-змішувачем; D51 — мутність перед аеротенком-змішувачем, T52 — температура після аеротенка-змішувача, D52 — мутність після аеротенка-змішувача, F51 — витрата повітря на аеротенк-змішувач, T53 — температура повітря на аеротенк-змішувач, F52 — витрата рецеркуляційно-активного мулу (РАМ) аеротенка-змішувача, Q51 — концентрація кисню в аеротенку-змішувачі, Q52 — концентрація РАМ аеротенка-змішувача, Q53 — рН в аеротенку-змішувачі, D53 — біологічне споживання кисню (БСК) води в аеротенку-змішувачі, D61 — мутність води у вторинному відстійнику, D62 — мутність води після вторинного відстійника, L62 — рівень осаду (мулу) вторинного відстійника, T71 — температура води перед аеротенком-витиснювачем, D71 — мутність перед аеротенком-витиснювачем, T72 — температура після аеротенка-витиснювача, D72 — мутність після аеротенка-витиснювача, F71 — витрата повітря на аеротенк-витиснювач, T73 — температура повітря на аеротенк-витиснювач, F72 — витрата РАМ аеротенка-витиснювача, Q71 — концентрація кисню в аеротенку-витиснювачі, Q72 — концентрація РАМ аеротенка-витиснювача, Q73 — рН в аеротенку-витиснювачі, D73 — БСК води аеротенка-витиснювача, D81 — мутність води в третинному відстійнику, D82 — мутність води після третинного відстійника, L82 — рівень осаду (мулу) третинного відстійника, F91 — витрата розчину NaOCl , F92 — витрата стоків на виході, D91 — масова концентрація хлору після лотка-змішувача, D92 — концентрація аміаку, P1 — Coli-індекс, P2 — Coli-титр

Для забезпечення функціонування системи в режимі реального часу пропонується використовувати монітор хімічного споживання кисню (МХСК) на основі хемілюмінесценції. Використання цього методу надасть можливість замінити вимірювання БСК на хімічне споживання кисню (ХСК). Завдяки цьому з'явиться можливість реалізувати режим реального часу.

При цьому також рекомендується вимірювати кількісні та якісні показники стічних вод на основних місцях формування забруднювачів на точках виробничих ліній (транспортно-мийне, дифузійне відділення, ТЕЦ). Це дасть змогу зменшити інертну складову і збільшить швидкість реакції системи, а також з'явиться можливість реагувати на зміни режиму роботи виробництва. В подальшому можливо розробити систему прогнозування та визначення параметрів забруднення за непрямими показниками, що, у свою чергу, позитивно позначиться на якості регулювання та очищення в цілому.

Води оборотної системи транспортно-мийного відділення (від бурякового елеватора і ваг, жомокислі і жомопресові води) є III типом стічних вод цукрового виробництва і містять такі основні забруднювачі:

- транспортно-мийна вода: механічні домішки до 5% від ваги сировини, високі показники органічного забруднення, бактеріальне забруднення. Ці стоки переважають за кількістю. Пропонується вимірювати витрату води, ХСК (використовувати монітор хімічного споживання кисню на основі хемілюмінесценції), температуру і бактеріологічне забруднення.

- жомокислі і осад жомопресової води: завислі речовини більш 100 мг/л, окиснюваність 3000 мгО₂/л, БСК більше 5000 мгО₂/л. Ці стоки є найбільш забрудненими водами. Пропонується в місці скидання вимірювати такі параметри: витрату, ХСК і температуру.

- стічні води ТЕЦ мають у своєму складі хлориди натрію, кальцію і магнію у значних концентраціях. Від продувок котлів — гідрокарбонати натрію та завислі речовини. Пропонується вимірювати витрату, температуру та концентрацію солей.

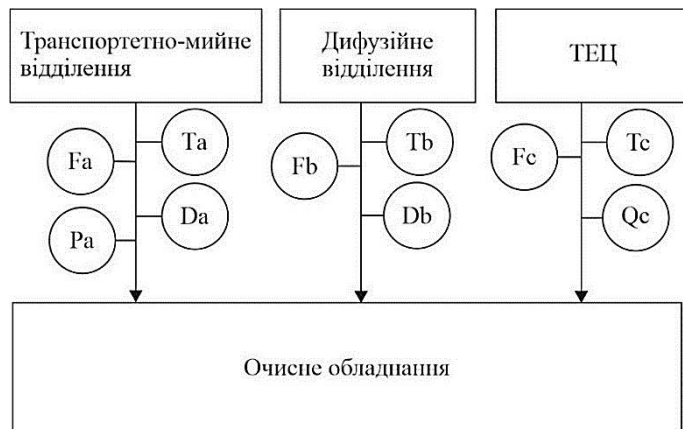


Рис. 3. Схема вимірювання параметрів стічних вод в основних місцях їх формування:

F_a, F_b, F_c — витрата; P_a — бактеріологічне забруднення; D_a, D_b — ХСК; Q_c — концентрація солей; T_a, T_b, T_c — температура

Вищезазначені параметри передаються в систему автоматичного керування очисним обладнанням для корегування керуючих впливів.

Висновки

Досліджено недоліки керування системою водоочистки стічних вод цукрового заводу. В режимі реального часу розроблено концептуальну схему системи моніторингу параметрів очистки стічних вод цукрового виробництва з використання монітору хімічного споживання кисню, що дасть змогу системі автоматичного керування працювати в режимі реального часу. Розроблена схема вимірювання параметрів стічних вод в основних місцях їх формування. Вимірювання кількісних і якісних показників стоків в місцях їх формування призведе до зменшення інертної складової і збільшить швидкість реакції системи, зменшить вплив людського фактора і поліпшить якість регулювання процесу очищення, мінімізує кількість аварійних ситуацій.

Аналіз отриманих даних надасть можливість подальшої розробки та інтеграції в систему сучасних методів автоматизації.

Література

Гавриленков, А., Зарцына, С., Зуева, С. (2006). *Экологическая безопасность пищевых производств*. Санкт-Петербург: Гиорд.

Васильев, С., Домашенко, Ю., Ляшков, М., Матвиенко, А., Митяева, Л., Глушенко, Ю. (2017). *Анализ источников формирования сточных вод на агропредприятиях, их качественных и количественных показателей (научный аналитический обзор)*. Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. Взято з <http://www.rosniipm.ru/izdan/2017/Dom17.pdf>.

Запольський, А., (2005). *Водопостачання, водовідведення та якість води*. Київ. Вища школа.

Зінченко, М., Пономаренко, Є., Букатенко, Н., Голубкіна, О. (2020). Анаеробна біологічна очистка стічних вод виробництва цукру. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*, 2(4), 3—10.

Сорокін, А., Скорик, К., Хоменко, М., Штангеев, К. (2015). Складові стічних вод буряко-цукрового виробництва, заходи щодо зменшення їх кількості та витрат свіжої води. *Цукор України*, 11—12(119—120), 21—24.

Сорокін, А., Хоменко, М. (2015) Про технічну досконалість оборотних систем гідро-транспорту та миття буряків на цукрових заводах. *Цукор України*, 5(113), 8—12.