



для отримання буфера обміну з іншого девайсу, або коли сторонній додаток буде звертатися до додатку для бездротової передачі даних у локальній мережі, коли буде потрібно працювати з даними.

### Висновки

В результаті написання даного проекту було розроблено мобільний додаток для бездротової передачі даних у локальній мережі, який допоможе користувачеві в швидкій і якісній передачі даних засобами бездротових технологій. Перед реалізацією програмного продукту було проведено аналіз предметної області, розглянуто та порівняно існуючі аналоги, на основі чого було виокремлені необхідні вимоги до програмного продукту.

### Список використаних джерел

- [1]. Kpi.ua: [Веб-сайт]. URL: <http://ros.kpi.ua/wp-content/uploads/Download/Articles/502-852-1-SM.pdf> (дата звернення: 10.05.2021).
- [2]. Netwave[Веб-сайт]. - . - URL: <https://netwave.ua/rishennya/merezheva-infrastruktura/lokalni-merezhi-peredachi-danyh/> (дата звернення: 04.10.2020).
- [3]. Klaster: [Веб-сайт]. URL: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/metody-i-sredstva-peredachi-dannykh/> (дата звернення: 15.06.2021).
- [4]. Biblprog: [Веб-сайт]. URL: <https://biblprog.org.ua/ua/shareit/> (дата звернення: 07.07.2021).
- [5]. Linuxadictos: [Веб-сайт]. URL: <https://www.linuxadictos.com/ru/sharedrop-un-airdrop-gratuito-para-intercambiar-archivos-desde-el-navegador.html> (дата звернення: 12.07.2021).

### References

- [1]. Kpi.ua: [Veb-sajt]. URL: <http://ros.kpi.ua/wp-content/uploads/Download/Articles/502-852-1-SM.pdf> (data zvernennya: 10.05.2021).
- [2]. Netwave[Veb-sajt]. - . - URL: <https://netwave.ua/rishennya/merezheva-infrastruktura/lokalni-merezhi-peredachi-danyh/> (data zvernennya: 04.10.2020).
- [3]. Klaster: [Veb-sajt]. URL: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/metody-i-sredstva-peredachi-dannykh/> (data zvernennya: 15.06.2021).
- [4]. Biblprog: [Veb-sajt]. URL: <https://biblprog.org.ua/ua/shareit/> (data zvernennya: 07.07.2021).
- [5]. Linuxadictos: [Veb-sajt]. URL: <https://www.linuxadictos.com/ru/sharedrop-un-airdrop-gratuito-para-intercambiar-archivos-desde-el-navegador.html> (data zvernennya: 12.07.2021).

Отримана в редакції 06.10.2021. Прийнята до друку 26.11.2021. Received 06 October 2021. Approved Approved 26 November 2021. Available in Internet 04 December 2021.

УДК 004.896:[663.63:615.012](477.74)

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ПІДГОТОВКОЮ ВОДИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЛІК

Улибін В.М.

Одеська національна академія харчових технологій

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1092-8916>

E-mail: [vovanich525@gmail.com](mailto:vovanich525@gmail.com)

Copyright © 2021 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.v13i4.2199](https://doi.org/10.15673/atbp.v13i4.2199)

*Анотація.* Вода - основа всього живого на планеті. Водні розчини необхідні для забезпечення потреб промисловості, сільського господарства, побутових потреб. Вода при виготовленні лік повинна відповідати певним нормам, має бути дистильованою. Мета ведення процесу підготовки води при виготовленні лік – отримання готової очищеної води із заданими показниками якості. Високої ефективності процесу підготовки води можна досягти лише при автоматизації цього процесу. Всі існуючі розробки в сфері автоматизації підготовки води не задовольняють



сучасним вимогам до якості готового продукту. В ОНАХТ, на кафедрі АТПіРС розроблено новий підхід до автоматизації підготовки води з метою забезпечення її високої якості. Результати структурно-параметричного синтезу і аналізу розробленої САУ підтверджують переваги запропонованого підходу, а саме високу динамічну точність управління процесом. Побудована автономна САР забезпечує високу якість готового продукту. Розроблена проектна документація відображає всі особливості і переваги запропонованого способу управління. Розроблене АРМ оператора-технолога і наладчика САУ в SCADA-системі дозволяє зручно і ефективно спостерігати та керувати ходом процесом підготовки води. Подальший розвиток питання автоматизації управління процесом підготовки води знайде в магістерській випускній роботі.

**Abstract.** Water is the basis of all living things on the planet. Aqueous solutions are needed to meet the needs of industry, agriculture, household needs. Water in the manufacture of the drug must meet certain standards, must be distilled. The purpose of the process of water preparation in the manufacture of drugs - to obtain ready purified water with specified quality indicators. High efficiency of the water treatment process can be achieved only by automating this process. All existing developments in the field of automation of water treatment do not meet modern requirements for the quality of the finished product. At ONAFT, the ATPiRS department has developed a new approach to automation of water treatment in order to ensure its high quality. The results of structural-parametric synthesis and analysis of the developed automatic control system confirm the benefits of the proposed approach. The constructed cascade system of automatic regulation provides a high dynamic accuracy of management of the considered technological process. The automated workplace of an automated operator-technologist and an automatic control system in the SCADA system allows you to conveniently and operate and control the process of pasteurization of apple juice. Further development of the issue of automation of water treatment process management will be found in the master's thesis.

**Ключові слова:** система автоматичного керування (САК), об'єкт керування (ОК), автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора, підготовка води, виготовлення лік.

**Keywords:** automatic control system (ACS), control object (CO), workstation of operator (OWS), water treatment, production of medicine.

**Вступ.** Вода - та сама складова основа всього живого на планеті, без якої неможливе життя і розвиток людської цивілізації. Крім підтримки природних процесів функціонування організму, водні розчини необхідні для забезпечення потреб промисловості, сільського господарства, побутових потреб.

Воду використовують зокрема при виробництві лік. Вода повинна відповідати певним нормам, і повинна бути дистильована. Дистильована вода - вода, очищена від розчинених в ній мінеральних солей, органічних речовин та інших домішок шляхом дистиляції. рН мати значення в діапазоні 5,4-6,6. Фільтрація води проходить через декілька ступенів механічної очистки, а ось рівень рН регулюється електродіанізатором, де завдяки подачі напруги можна регулювати якість води, тобто рН, але потрібна стабільна подача води у вигляді тиску, це і є два контури які будуть регулюватися, також вони взаємозв'язані. Вони і складають основу технологічного регламенту процесу підготовки. Розроблений технологічний регламент служить основою: а) розробки контуру в якому буде реалізовано технологічний процес; б) керування технологічним процесом при його реалізації у виробничих умовах. При проектуванні контура забезпечується можливість виконання регламенту при зміні умов ведення процесу у всьому можливому діапазоні, зокрема розраховуються необхідні витратові характеристики регулюючих органів. При керуванні на основі технологічного регламенту обираються, перш за все, регульовані змінні, обґрунтовуються їх задані значення і припустимі відхилення.

**Мета і завдання досліджень.** Мета ведення процесу очистки води – отримання готову очищену воду із заданими показниками якості. При промисловому виробництві досягнення мети може бути виправдано тільки тоді, коли технологічний процес має сенс реалізувати, коли виконується цілий ряд вимог до технологічного процесу. Технологічний процес очищення води доцільно реалізувати якщо: 1) є подача води до ділянки очищення; 2) є наявності живлення для електродіанізатора; 3) повинна бути електроенергія в колах живлення насоса із середньостатистичними параметрами мережі.

**Аналіз літературних даних і постановка проблеми.** Для забезпечення високої якості очищення води, необхідно цей процес автоматизувати. Чимало розробників присвятили свої дослідження цьому питанню.

Сібірська екологічна компанія запропонувала спосіб автоматичного керування процесом підготовки води, в якому регулювання тиску у системі відбувається шляхом керування клапанами для забезпечення гідравлічного контролю. Основним завданням гідравлічного контролю є забезпечення можливості вирівнювати перепад тиску в камерах фільтрату і концентрату. Недоліком даного способу є те, що він не забезпечує гнучкий контроль тиску у системі, що спричиняє зменшення продуктивності виробництва та погіршення якості готового продукту. Компанія Ecosoft запропонувала спосіб безперервної обробки води, який містить автоматичне керування за допомогою комплексу датчиків, витратомірів, впускних і випускних клапанів і. Недоліком даного способу є те, що він є енергозатратним і економічно не вигідним. Компанія Diesel Engineering запропонувала спосіб підготовки води, використовуючи лише установки зворотнього осмосу, даний спосіб є енергетично економічним, але недоліком даного способу є, низька якість води, бо в системі не використовується електродіанізатор. Найбільш близьким до



запропонованого є спосіб автоматичного керування процесом підготовки води, який містить регулювання тиску води у системі шляхом зміни частоти обертання приводу електродвигуна насоса подачі води, і якості води шляхом зміни потужності діонізатора (зміни рН). Недоліком даного способу є те, що контур регулювання тиску впливає на контур регулювання якості води, що обумовлює низьку динамічну точність регулювання, що приводить до низького рівня якості підготовки води.

На кафедрі автоматизації технологічних процесів Одеської національної академії харчових технологій в рамках випускної роботи, запропоновано новий спосіб автоматичного керування процесом підготовки води для технологічних потреб.

**Методи і матеріали досліджень.** Основним використаним методом є діалектичний. Також використано такі методи: аналіз, синтез, індукція, дедукція, спостереження, експеримент, вимір. Основним експериментальним методом обрано імітаційне моделювання.

**Результати досліджень.** Спочатку було розглянуто технологічний процес підготовки води, побудовано параметризовану технологічну схему (рис. 1), параметричну, та структурну (рис.2) схеми процесу як об'єкту управління. Проведено структурну і параметричну ідентифікацію каналів об'єкта управління. Проведено параметричну оптимізацію алгоритмів управління, порівняльний аналіз САР, отримано цифрові аналоги обраних алгоритмів. Побудовано багатомірну САР та на її основі – автономну САР (рис. 3). Зроблено порівняльний аналіз результатів моделювання (рис. 4, 5, табл. 1, 2, 3). Розроблено АРМ оператора-технолога і наладики САУ в SCADA-системі (рис. 6). Розроблена АСУТП на базі мікропроцесорної техніки яка ефективно керує процесом, забезпечуючи підтримку регульованих координат на заданому рівні та зменшення використання електроенергії. Для цього підвищена якість регулювання, удосконалено алгоритми управління, розроблено контролерно-комп'ютерна мережа, здійснено програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САУ. Розглянуто питання економічної ефективності запропонованого рішення та питання охорони праці.

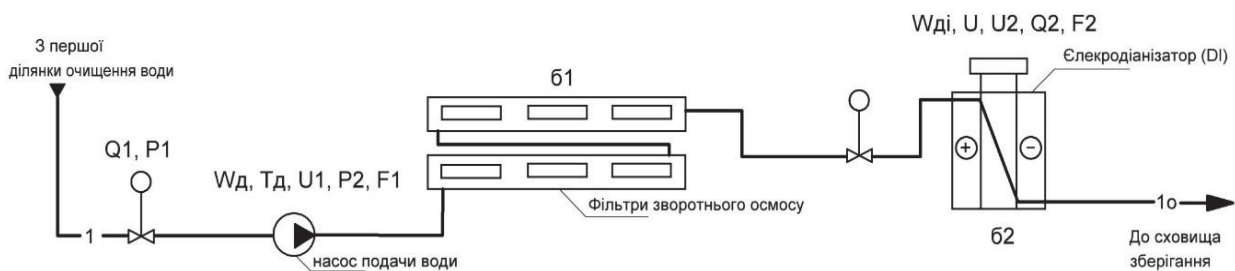
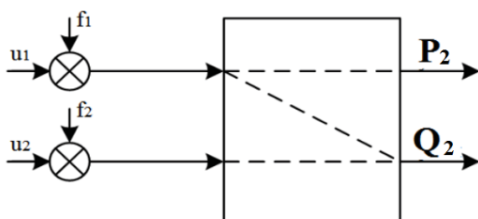


Рис.1 – Параметризована технологічна схема процесу підготовки води

Q1 – Ph на вході у систему (до насосу), Ph;  
 P1 – тиск на вході у систему (до насосу), Бар;  
 P2 – тиск після насоса, Бар;  
 U1 - напруга в ланцюзі живлення електродвигуна насоса, В;  
 F1 – витрата після насоса, м<sup>3</sup>/с;  
 б 1 – наліт на мембранах зворотного осмосу, %;  
 Wді – потужність ДІ;

U – напруга у мережі, В;  
 Q2 – Ph після електродеонізатора, Ph;  
 F2 – витрата після електродеонізатора, м<sup>3</sup>/с;  
 U2 - напруга в ланцюзі живлення електродеонізатора, В;  
 б 2 – наліт в електродеонізаторі, %;  
 Тд – температура насоса  
 Wд – потужність насоса



u1 – положення регулюючого органу зміни частоти електроприводу насоса;  
 u2 – положення регулюючого органу зміни живлення на ДІ  
 P2 – тиск у системі після насоса;  
 Q2 – якість води після ДІ;  
 f1, f2 – вектор неконтрольованих збурень;

Рис. 2 – Структурна схема процесу підготовки води як об'єкту регулювання

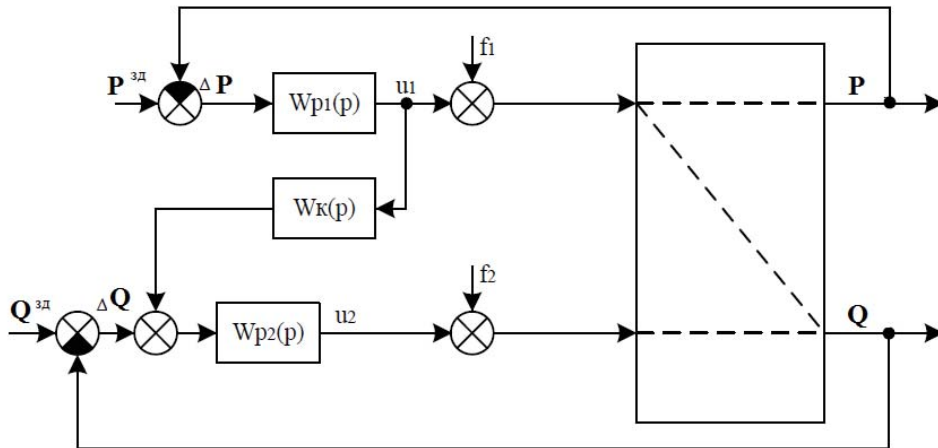


Рис. 3 – Структурна схема автономної системи керування

$u_1$  – положення регулюючого органу зміни частоти електроприводу насосу;  
 $u_2$  – положення регулюючого органу зміни потужності на ДІ  
 $P$  – тиск у системі очищення води;  
 $Q$  – якість води у системі;  
 $f_1, f_2$  – вектор неконтрольованих збурень;  
 $W_{P1}(p)$  – передаточна функція регулятора тиску води;

$W_{P2}(p)$  – передаточна функція регулятора якості води;  
 $W_K(p)$  – передаточна функція коригуючої ланки;  
 $P^{зд}$  – задане значення тиску води;  
 $\Delta P$  – помилка регулювання значення тиску води;  
 $Q^{зд}$  – задане значення якості води;  
 $\Delta Q$  – помилка регулювання якості води

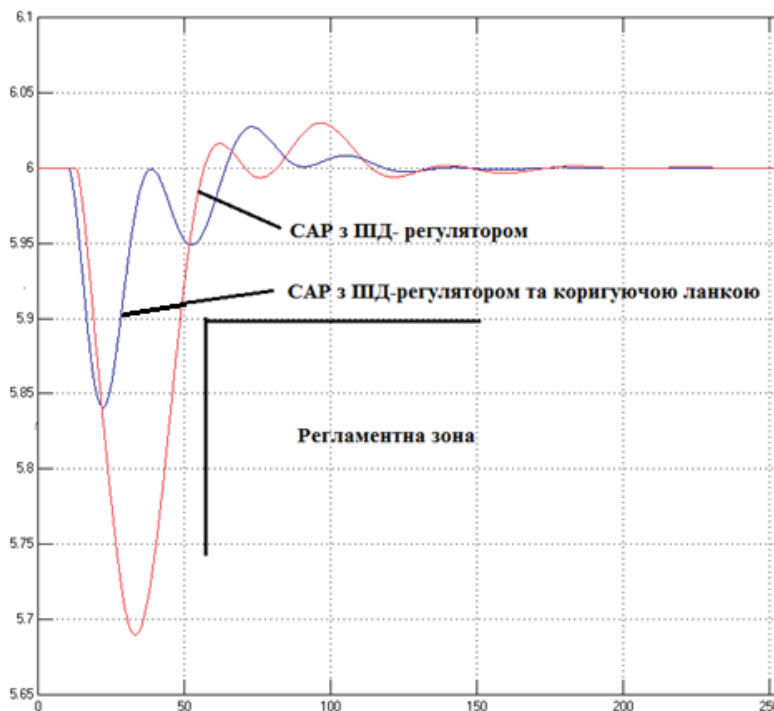


Рис. 4 – перехідні процеси в САР базової структури і структури САР підвищеної динамічної точності за каналом « $u_2 - Q$ »

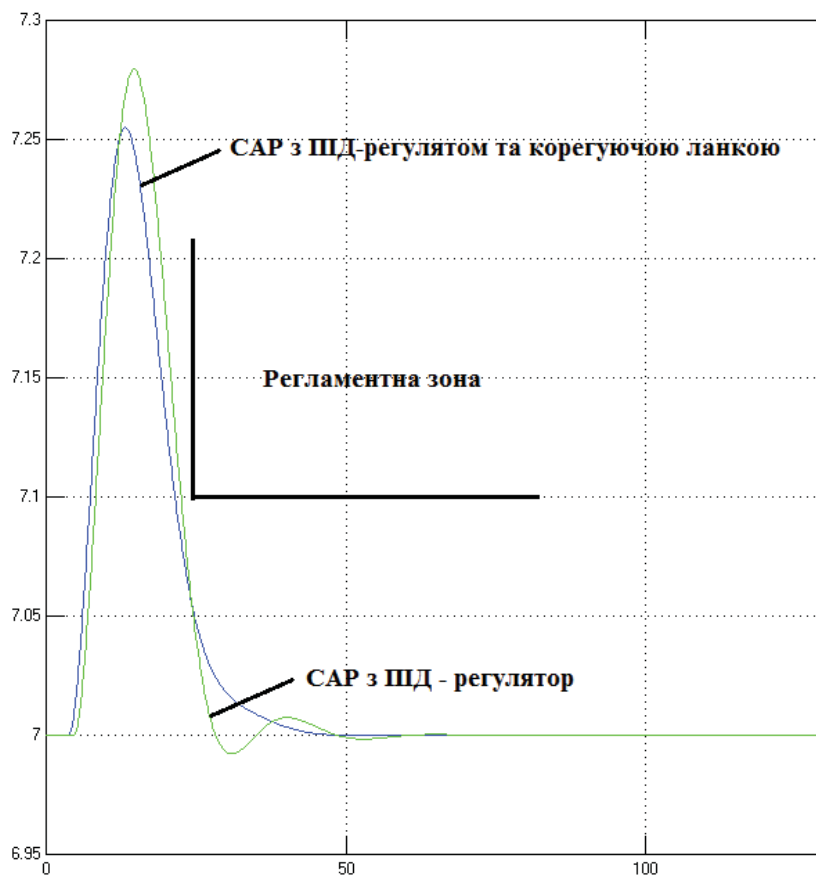


Рис. 5 – Перехідні процеси в САР базової структури і структури САР підвищеної динамічної точності за каналом « $u_1 - P$ »

Таблиця 1 – Результати порівняння САР базової і підвищеної динамічної точності в перехідних режимах

САР	$P_{max}$	$T_{ппр}$	$Q_{max}$	$T_{ппq}$	$J$
ПД	0.29	41.2	0.32	59,4	44
ПД з кор. Л.	0.15	19.1	0.21	28,6	11.7

Таблиця 2 – Результати порівняння САР базової і підвищеної динамічної точності в сталих режимах для каналу « $u_1 - P$ »

Показатель качества	Значения параметров ОУ		
	номинальные	лучшие	худшие
Математическое ожидание	6	6	6
Среднеквадратическое отклонение	0,037	0,031	0,045
Среднеквадратический период	57,2	57,2	57,2
Интегральный критерий	20,63	18,37	23,21

Таблиця 3 – Результати порівняння САР базової і підвищеної динамічної точності в сталих режимах для каналу « $u_2 - Q$ »

Показатель качества	Структура САР	
	Базовая	Повышенной динамической точности
Математическое ожидание	6	6
Среднеквадратическое отклонение	0,02	0,019
Среднеквадратический период	1377,0	97,1
Интегральный критерий	191	183

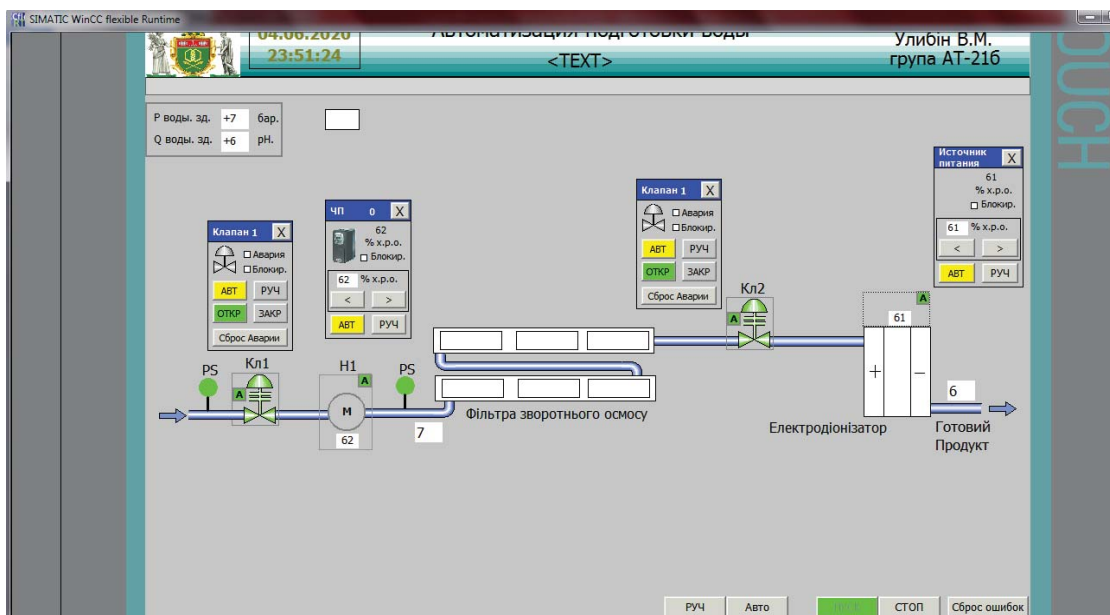


Рис. 6 – Вікно «Мнемосхема» при відкритих екранних формах управління двигунами і клапанами

Подальший розвиток питання автоматизації керування процесом пастеризації яблучного соку знайде в магістерській випускній роботі.

**Обговорення результатів досліджень.** Аналіз технологічного процесу підготовки води, дозволив розкрити його суть та побудувати параметризовану технологічну схему, яка вміщує властивості вхідних та вихідних сировинних та енергетичних потоків. Аналіз параметризованої схеми дозволив виділити серед всіх параметрів потоків групи сировинних, енергетичних та механічних вхідних параметрів та регламентованих, експлуатаційних, техніко-економічних вихідних параметрів і побудувати параметричну схему. На параметричній схемі було виділено основні регламентні параметри та відповідні керуючі впливи та побудовано структурну схему процесу підготовки води, як об'єкту керування. Структурна та параметрична ідентифікація каналів об'єкта керування, дозволила отримати математичні моделі об'єкта керування, за допомогою яких було одержано ПІ та ПІД алгоритми регулювання. Параметрична оптимізація алгоритмів дозволила одержати оптимальні параметри налагодження регуляторів. Для основних регульованих параметрів було побудовано САР базової структури. Порівняльний аналіз САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності показав підвищення інтегральних показників якості. Розроблені алгоритми пуску-зупинки системи врахували умови початкового стану та ведення процесу. Розроблено АРМ оператора-технолога і наладчика САУ в SCADA-системі. Складена в середовищі Step7 програма керування процесом, та реалізована на її основі SCADA-система в середовищі WinCC flexible для АРМ оператора-технолога і наладчика САК дозволяє в режимі реального часу стежити за ходом технологічного процесу, та за необхідності впливати на нього. Обрані технічні засоби забезпечують належне та високоякісне керування процесом підготовки води та відповідають виробничим умовам технологічного процесу. Розроблений варіант комплексу технічної документації САК: схема автоматизації; принципова електрична схема контролю та керування; принципова електрична схема живлення; загальний вид щита оператора; монтажна схема щита оператора; схема зовнішніх проводок на базі контролера фірми Siemens SIMATIC S7-300, задовольняє вимоги замовника САК. Розглянуті питання економічної ефективності запропонованого рішення та питання з охорони праці дозволили зробити обґрунтування та висновки щодо інвестиційно привабливості розробки проекту, адже приріст чистого прибутку та чистий грошовий потік більше нуля та дорівнюють, відповідно, 58 946 тис. грн та 164 923 тис. грн.

#### Висновки

1. Вода - основа всього живого на планеті.
2. Водні розчини необхідні для забезпечення потреб промисловості, сільського господарства, побутових потреб.
3. Вода при виготовленні лік повинна відповідати певним нормам, має бути дистильованою.
4. Мета ведення процесу підготовки води при виготовленні лік – отримання готової очищеної води із заданими показниками якості.
5. Високої ефективності процесу підготовки води можна досягти лише при автоматизації цього процесу.
6. Всі існуючі розробки в сфері автоматизації підготовки води не задовольняють сучасним вимогам до якості готового продукту.
7. В ОНАХТ, на кафедрі АТПіРС розроблено новий підхід до автоматизації підготовки води з метою забезпечення її високої якості.
8. Результати структурно-параметричного синтезу і аналізу розробленої САУ підтверджують переваги запропонованого підходу, а саме високу динамічну точність управління процесом.
9. Побудована автономна САР забезпечує високу якість готового продукту.



10. Розроблена проектна документація відображає всі особливості і переваги запропонованого способу управління.  
11. Розроблене АРМ оператора-технолога і наладчика САУ в SCADA-системі дозволяє зручно і ефективно спостерігати та керувати ходом процесом підготовки води.  
Подальший розвиток питання автоматизації управління процесом підготовки води знайде в магістерській випускній роботі.

#### Список використаних джерел

- [1]. Сайт Сібірської екологічної компанії.- URL: <http://www.sibecolog.ru/informatsiya/254/>
- [2]. Сайт компанії Ecosoft.- URL: [https://ecosoft.ua/sistemy-elektrodeionizatsii\\_prom/](https://ecosoft.ua/sistemy-elektrodeionizatsii_prom/)
- [3]. Сайт компанії V3.- URL: <http://www.v3corporation.ru/site.aspx?IID=2268391 &SECTIONID=2203010>
- [4]. Сайт компанії Diesel Engineering.– URL: <https://diesel.ru/shop/osmos/>
- [5]. Улибін В.М. Випускна робота бакалавра «Автоматизація процесу підготовки води для потреб підприємства «Інтрехім»» (Рукопис).- Одеса: ОНАХТ, 2020.- 165с.

#### References

- [1]. Sait Sibirskoi ekologichnoi kompanii.- URL: <http://www.sibecolog.ru/informatsiya/254/>
- [2]. Sait kompanii Ecosoft.- URL: [https://ecosoft.ua/sistemy-elektrodeionizatsii\\_prom/](https://ecosoft.ua/sistemy-elektrodeionizatsii_prom/)
- [3]. Sait kompanii V3.- URL: <http://www.v3corporation.ru/site.aspx?IID=2268391 &SECTIONID=2203010>
- [4]. Sait kompanii Diesel Engineering.– URL: <https://diesel.ru/shop/osmos/>
- [5]. Ulybin M. V. Vypusknа robota bakalavra «Avtomatyzatsiia protsesu pidgotovki vodi dlya ptreb pidpriemstva «Intrechim»» (Rukopys).- Odesa: ONAKhT, 2020.- 165s.

Науковий керівник О.Є. Гончаренко і ст. викладач С. М. Дубна

Отримана в редакції 15.10.2021. Прийнята до друку 29.11.2021. Received 15 October 2021. Approved Approved 29 November 2021. Available in Internet 04 December 2021.

УДК 543.275.1.089.68:681.586.5

## ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВАНТАЖУ НА СУДНАХ-ГАЗОВОЗАХ НА ОСНОВІ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сандлер А.К., Данчук Д.П.

Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса, Україна  
E-mail: [albertsand4@gmail.com](mailto:albertsand4@gmail.com)

Copyright © 2021 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.v13i4.2202

**Анотація.** Дослідження базується на запиті практики про необхідність розробки й впровадження нових засобів волоконно-оптичних засобів моніторингу вологості газу, які, за рахунок підвищення вірогідності вимірювальної інформації, забезпечують зниження невиробничих втрат. У роботі вирішене актуальне науково-технічне завдання наукового обґрунтування, розробки й дослідження засобу моніторингу вологості газу. Пропонований засіб забезпечує підвищення достовірності результатів вимірювання за рахунок використання принципів часткової інваріантності до зовнішніх неконтрольованих впливів вимірювань, яка досягається шляхом синтезу процесів перетворення світла, конструкції, комбінації матеріалів і способу одержання вимірювальної інформації. Як об'єкт дослідження визначені процеси формування й перетворення інформаційного сигналу у волоконно-оптичному засобі моніторингу вологості газу у складних умовах транспортування. Відповідно, предметом дослідження є волоконно-оптичні засоби моніторингу, що функціонують у складних умовах експлуатації. Теоретична частина роботи виконана з використанням: а) системного аналізу й дослідження операцій – при визначенні структурних зв'язків між елементами вимірювального засобу діагностики й декомпозиції об'єкта дослідження; б) теорії оптичних хвилеводів – при розрахунках коефіцієнтів оптичного зв'язку ділянок оптичного волокна (ОВ); в) методів аналітичного дослідження процесів взаємодії полів хвилеводних елементів – при дослідженні процесів перетворення світлового випромінювання у чутливому елементі (ЧЕ) під впливом деформації. Проведено порівняльний аналіз впливу