

*Міністерство освіти і науки України  
Івано-Франківський національний технічний університет  
нафти і газу  
Інститут інформаційних технологій  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій  
та систем НАН і МОН України  
ТОВ «Західний інженерно-технічний центр»*

 Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
**ІТС** МІЖНАРОДНИЙ ЦЕНТР НАН ТА МОН УКРАЇНИ

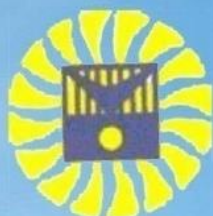


*VI(XXX) Міжнародна міжвузівська школа-семінар*

**«МЕТОДИ І ЗАСОБИ  
ДІАГНОСТИКИ В ТЕХНІЦІ ТА  
СОЦІУМІ (МІЗД ТС - 2018)»**

*Збірник матеріалів*

*17 - 18 грудня 2018 року*



*Івано-Франківськ – 2018*

**Міністерство освіти і науки України  
Івано-Франківський національний технічний університет  
нафти і газу  
Інститут інформаційних технологій  
Міжнародний науково - навчальний центр інформаційних  
технологій та систем НАН і МОН України  
ТОВ «Західний інженерно-технічний центр»**

**VI (XXX) Міжнародна міжвузівська школа-семінар**

# **«МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ В ТЕХНІЦІ ТА СОЦІУМІ (МіЗД ТС -2018)»**

**Збірник матеріалів**

**Івано-Франківськ**

**2018**

**УДК 681.518.5+331.101.262**  
**ББК 30.82+65.240**

Друкується за рішенням Вченої ради Інституту інформаційних технологій Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

*Головний редактор: Л.М.Заміховський, д.т.н., професор*

Рецензент: **Кучерук В.Ю.**, доктор технічних наук, професор

VI (XXX) Міжнародна міжвузівська школа семінар «Методи і засоби діагностики в техніці та соціумі (МіЗД ТС-2018)», 17-18 грудня 2018 року: Збірник матеріалів. – Івано-Франківськ: Видавництво «Факел» ІФНТУНГ, 2018. – 160 с.

**ISBN 978-966-694-327-2**

У збірнику опубліковано праці співробітників вітчизняних і зарубіжних вищих навчальних закладів, які присвячені питанням розробки методів і технічних засобів діагностування неперервних та дискретних об'єктів і процесів для різних галузей промисловості.

**ISBN 978-966-694-327-2**

**УДК 681.518.5+331.101.262**  
**ББК 30.82+65.240**

©ІФНТУНГ, 2018

# ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ И СИСТЕМЫ ЕГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

*Аубакир Д.<sup>1</sup>, Азен Е. Д.<sup>1</sup>, Замиховский Л. М.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва,  
г. Астана, Казахстан,*

*<sup>2</sup>Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и  
газа, г. Ивано-Франковск, Украина,  
e-mail: [leozam@ukr.net](mailto:leozam@ukr.net), +38 (0342)72-71-70*

***Аннотация.** В данной статье сделан обзор исследований в области альтернативного источника тепловой энергии в виде мини - ТЭС с АВК-ТРХ (аркан-вихревая кавитационная труба Ранке-Хильша) в качестве базы ИВС (интенсивной отопительной системы), которая производит тепло, холод, горячую и очищенную питьевую воду, как общий товар, нужный и доступный ежедневно, ежечасно, ежеминутно и ежесекундно. В дополнение к ней создается мини - ЭГК с ЕГН-КТК (электрогидравлический котел на базе электрогидравлического нагревателя с кавитационной термокамерой), как технологическая база для БИС (бытовая инновационная система), которые совместно способны замещать нынешнюю традиционную отопительную систему ЭОС (экстенсивная отопительная система).*

***Abstract.** This article provides an overview of research in the field of an alternative source of thermal energy, in the form of a mini-TPP or mini-TEG with LVC-RHP (Ranke-Hilsch cavitation pipe), as an IHS (Intensive heating system) base, it will produce heat, cold, hot and purified drinking water, as a universal commodity needed, available daily, hourly, every minute and every second. And in addition to it, a mini-EHB with EHN-CTC (electro-hydraulic boiler based on an electro-hydraulic heater with cavitation thermo-camera) is being created as a technological base for HIS (Household innovation system), which together can replace the current traditional heating system EHS (extensive heating system).*

**Введение.** Научную значимость исследований по разработке альтернативных источников энергии (АИЭ) «Создание мини-ТЭС, производящей тепло и электроэнергию, как базы интенсивной отопительной системы (ИОС), в виде инновационной технологии на

эффекте арканно-вихревой кавитации», составляют результаты проведенных изысканий базирующихся на разработках отечественных и зарубежных ученых и инженеров по внедрению открытия Джозефа Ранка - эффекта кавитации (ЭК) и вихревого кавитационного явления (ВКЯ) в разных сферах техники и технологии (правда, во времена Ранка эти явления так не назывались!) [1] - [17].

## **1 Интенсивная отопительная система в теплоэнергетике**

Внедрение ИОС в теплоэнергетике, в частности, связано с именами таких разработчиков, как Р. Хильш, Л.П. Фоминский, Ю.С. Потапов А.П. Меркулов, В.Д. Дудышев Л.А. Юткин Л.И. Гольцова, Р.И. Мустафаев и др. [12]-18]; Н.М. Ревин, Д.А. Аубакир и др. [20]-[21]. Была заложена теоретическая и практическая база этими авторами, для чего использованы общетеоретические источники [1]-[17], а также специальная литература по выбранной теме: здесь хотелось бы отметить электрогидравлическую теорию ЭГ-удара российской школы Юткина-Дудышева [12]-[14]; исследования украинско-молдавской школы под руководством таких специалистов, как Л.П. Фоминский и Ю.С. Потапов, которые развили вращательно-кавитационную теорию, примкнувшую к теории холодного ядерного синтеза в комнатных условиях [15]-[17]; не можем не отметить также разработки казахстанской школы под руководством Ревина и Аубакира [20]-[21].

Эта мини-ТЭС будет работать как альтернативный источник тепловой энергии, питаясь в основном возобновляемым и само-возобновляемым источником энергии в таких структурах, как ЖКХ и ОПК, ДЧС и КЧС, ЧДВ (частные домовладельцы) и АСУ (административно-социальные учреждения), она очень удобна, как отопительная установка в учебных и учебно-полевых помещениях (казарма, палатка, каюта, юрта, в отгонных помещениях, джайляу и т.д.), не нуждающаяся в электроэнергии. Причем, возобновляемые источники энергии (солнечная энергия СЭ, ветровая энергия, энергия волны и качки ЭВК) будут служить только в качестве стартового запускающего механизма, т.е. – стартера, поэтому такой источник энергии для мини-ТЭС мы назвали «стартап-источником энергии» (СИЭ). Повсеместное замещение ЭОС (экстенсивная отопительная система) на ИОС станет, по нашему убеждению, предтечей инновационно-технологического составляющего коренного масштабного перехода Казахстана и Украины к устойчивому развитию. Причём, такого подхода ни у кого из зарубежных разработчиков пока нет.

## **2 Научная сторона проблемы создания и развития АИЭ**

Созданы условия для развития математической теории и физического инструментария для обоснования физической природы процессов в АВК-ТРХ, а также созданы технико-диагностический инструментарий и кибернетически управленческий инструментарий для переоснащения ИОС системами автоматического управления (САУ) и системами автоматического диагностирования (САД); будет также предложен социально-маркетинговый подход к менеджменту по внедрению ИОС взамен нынешней ЭОС;

Инновационное и конкурентное преимущество результатов определяется самой постановкой прикладной тематики и условий её выполнения: наука впервые ориентирована на инновационный технологический прорыв в теплоэнергетике, благодаря чему можно рассчитывать на решение насущных проблем, в частности для Казахстана, в рамках стратегической индустриально-инновационной программы ФИИР Казахстана до 2020 г., и вплоть до 2030 г.

При этом стало возможным рассмотрение научно-практических проблем глобального характера, а именно - такая постановка проблемы связана с тем фактом, что суверенный Казахстан, наряду с постиндустриальной направленностью своего нынешнего развития, уверенно становится судостроительной, аэрокосмической и оборонительно-военной страной и эта тенденция в дальнейшем будет только усиливаться и наращиваться. Это видно из примера спуска на воду нескольких военных и сторожевых катеров. Такое положение дел заставляет задумываться над тем, на каком же научно-практическом и прикладном фундаменте будет воздвигнута надстройка суперсовременной военно-гражданской индустрии с казахстанской маркой (Made in Kazakhstan)? По глубокому нашему убеждению, одной из претендентов на такую роль станет обновленная в инновационно-технологическом смысле кибернетическая наука, развитая одним из авторов Аубакир Д.А. [22].

## **3 Учёт запросов потребителей по автоматизации и интеллектуализации АИЭ**

Учитывая запросы по автоматизации и высокой интеллектуализации, а также модернизации теплоэнергетики, мы намерены доработать данную инновационную технологию, расширяя ее применение с разработкой интенсивных отопительных систем (ИОС) и бытовых инновационных систем (БИС) для модернизации ЖКХ и ОПК, ДЧС, КЧС, ЧДВ, ОПК,

АКП, АКТ, АКС (аэрокосмические промышленность, технологии и службы: в Казахстане создано министерство обороны и аэрокосмической промышленности) и их поддерживающих с воздуха, с земли, на воде и под водой, а также учебных и учебно-полевых помещений на базе АВК-ТРХ, которые будут отвечать самым изысканным, с военно-гражданской точки зрения, требованиям автоматизации и высокой интеллектуализации. Таким образом, внедренная ИОС и БИС станет самым востребованным технологическим новшеством в теплоэнергетике и в малой электроэнергетике. В случае внедрения задуманного в данном контексте, Казахстан опередит приход на наш республиканский рынок зарубежных разработчиков в лице таких лидеров в данной области, как Федоткин И.М., Гулый И.С. [18], Л.П. Фоминский, Ю.С. Потапов А.П. Меркулов, В.Д. Дудышев Л.А. Юткин Л.И. Гольцова, К. Урпин и их последователей [12]-[18]. И это станет достойным ответом проведенной Всемирной выставки в Астане “ЭКСПО-2017” с лозунгом “Энергия будущего”. При этом повысятся показатели социально-экономической эффективности: в результате реализации проекта будет достигнута 70-75 % экономия использования органических видов топлива в вышеназванных структурах, тем самым, резко сократятся образование и выбросы в атмосферу  $\text{CO}_2$ ; существенно дешевле и доступнее станут услуги по отоплению, снабжению горячей и питьевой водой; это особенно важно для малоимущих и проживающих в критических – неблагоприятных для проживания регионах страны – в пустынных, полупустынных и засушливых регионах, а также в труднодоступных в климатическом и в географическом плане суровых регионах – в очень жарких, и в очень холодных уголках необъятного Казахстана.

На основе экспериментов с использованием демонстрационного наглядного макет-прибора (ДН-МП) для демонстрации процессов в АВК-ТРХ будут уточнены физические, кинематические и математические характеристики АВК-ТРХ, т.е. – базового элемента мини-ТЭС. Такой макет-прибор создан в 2014 году, на нём уже начали проводиться эксперименты.

Для достижения таких целей необходимо создать большие-малые заводы или цеха, производящие новые нагревательные установки, хладоустановки, которые после их установки в новых мини-ТЭС с АВК-ТРХ, как база ИОС, будут производить тепло, холод, горячую и очищенную питьевую воду. В дополнение к ней необходимо создать мини-ЭГК с ЭГН-КТК (электрогидравлический котёл на базе электрогидравлического нагревателя с кавитационной термокамерой),

как технологическую базу для БИС; последняя система особенно удобна для использования в бытовом хозяйстве – в пекарнях, столовых, ресторанах, прачечных, химчистках и т.п. Она сверх энергоэффективна, скажем, по сравнению с ИОС, она на порядок эффективнее, но эти две системы удобны для использования каждая в своей сфере.

В этих мини-ТЭС, АВК-ТРХ главный количественный показатель для ИОС и БИС КПЭ (коэффициент преобразования энергии) необходимо довести до значения, превышающего 1,5 и более в мини-ЭГК, ЭГН-КТК КПЭ необходимо довести до значения, превышающего 15 – и приближающегося к 20.

Тогда, исключая с помощью ИОС и БИС все виды топлива из отопительной системы обеспечения теплом, холодом, горячей и очищенной питьевой водой и, при необходимости местного электроснабжения, судов и подводных лодок, в аэрокосмических аппаратах, самолётах, учебных и учебно-полевых помещений, ЖКХ ОПК, ВКТ, будет достигнута 50-60% экономия использования органических видов топлива в вышеуказанных структурах и целях.

**Заключение.** Таким образом, созданы математическая теория и физический инструментарий для обоснования физической природы процессов в АВК-ТРХ и ЭГН-КТК, а также созданы технико-диагностический инструментарий и кибернетически управленческий инструментарий для переоснащения ИОС и БИС системами автоматического управления и системами автоматического диагностирования и контроля; будет также предложены социально-маркетинговый инструментарий и подходы к менеджменту по внедрению ИОС и БИС взамен нынешней ЭОС.

### **Список использованной литературы:**

- 1. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ПЛ, 1963.
- 2. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере. Химическое строение биосферы земли и ее окружения. – М.: Наука, 1965. – 325 с.
- 3. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. 2 изд. – М.: СР, 1968. – 326 с.
- 4. Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Устойчивое развитие: научные основы проектирования в системе природа-общество-человек. – СПб.-М.-Дубна, 2002. – 615 с.



- 5. Большаков Б.Е. Закон природы или как работает пространство-время. – М.-Дубна: РАЕН, Международный университет «Дубна», 2002. – 265 с.
- 6. Патент РФ 2423412, опубликованный 10.07.2011.
- 7. Патент РФ 2414390, опубликованный 10.01.2010.
- 8. Thermonuclear Squeeze: Altered method extends bubble-fusion claim - An overview of the present status of the field, touching on the recent reports, one up-coming report, and the skeptics. // Science News, Jan. 21, 2006.
- 9. More Bangs from the Bubble? - "Sonofusion" may one day outshine other nuclear methods in generating energy// Business Week, Mar. 29, 2004.
- 10. Sonofusion Going Mainstream - Can a collapsing bubble unleash huge amounts of energy? // ZPEnergy / New Scientist, Jan. 25, 2005.
- 11. "Sonoluminescence arises from acoustic cavitation - the formation, growth and implosion of small gas bubbles in a liquid blasted with sound waves above 18,000 cycles per second. The collapse of these bubbles generates intense local heating"// PhysOrg, Mar. 2, 2005.
- 12. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л.: Машиностроение, 1986.
- 13. Дудышев В.Д. Способ преобразования энергии электрогидравлического удара. – Патент РФ № 2157893, 1997 г.
- 14. Дудышев В.Д. Явление прямого преобразования энергии магнитных полей постоянных магнитов в иные виды энергии// Новая Энергетика, №3, 2004.
- 15. Потапов Ю.С., Фоминский Л.П., Потапов С.Ю. Энергия вращения. – 286 с. (Данная книга из сжатого формата Интернет-текста нами переведена в расширенный формат Word-текста, поэтому страницы соответственно изменились: 400, см. [1]!).
- 16. Потапов Ю.С., Фоминский Л.П. Вихревая энергетика. – Кишинев, 2000.
- 17. Потапов Ю.С. Теплогенератор и устройство для его осуществления. – Патент РФ № 2045715.
- 18. Федоткин И.М., Гулый И.С. Кавитация и кавитационная техника. – К., 1987. – 840 с.
- 19. AUBAKIR Daurenbek. Getting free heat energy based on cavitation and nuclear fusion according Revinov's pilot plants. // Journal of Physical Science and Application. Vol. 6, Number 3, March 2016, David Publishing

Company, 616 Corporate Way, Suite 2-4876, Valley Collage, New York 10989, USA. P. 44-54.

– 20. AUBAKIR Daurenbek, AZEN Yerabylay. The cavitation as a tornado-phenomena in the nature and as a source of energy in the modern technologies. // Energy of the Future: innovative scenarios and methods of their implementation: World Scientists and Engineerings Congress WSEC-2017 (June 19-20, 2017, Astana). – Т.4. – Almaty, 2017. – P. 209-212.

– 21. Аубакиров Д.А. (AUBAKIR D.A.). Теория пульсирующих характеристик и проблемы комплексного единомодельного описания процессов в кибернетических системах. – Акмола: Ғылым, Типография ЕАУ, 1998. – 250 с. ISBN 5-628-02169-5.

– 22. AUBAKIR D.A. Основания теории систем. Bases of System theory. Учебник/ Textbook (на 3-ёх языках: казахском, русском и английском). – Астана: Издательство ЕНУ, 2011, – 500 с. ISBN 9965-31-382-2.

УДК 004.78, 004.048

## **ДІАГНОСТУВАННЯ ШВИДКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА РЕЗУЛЬТАТ ТОЧНОСТІ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

*Кучерук В.Ю., Глушко М.В.*

*Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця,  
вул. Хмельницьке шосе 95, 21021, e-mail: [mikhail.hlushko@gmail.com](mailto:mikhail.hlushko@gmail.com)*

***Анотація.** В даній роботі розглянуто тему «Програмне діагностування швидкості програмного забезпечення як впливний фактор на результат точності рекомендаційних систем». Представлено опис поняття рекомендаційних систем. Сформовані основні зовнішні фактори, які впливають на точність рекомендаційних систем. Описано інструмент діагностики швидкості сайту від компанії Google – Google Lighthouse. Проведені дослідження сторінок сайту Automoto.ua, на якому раніше були реалізовані ці рекомендаційні системи.*

***Abstract.** In this paper, the topic "Software diagnosis of software speed as an influential factor on the result of the accuracy of reference systems". A*

*description of the concept of advisory systems is presented. The main external factors that influence the accuracy of the reference systems are formed. The Google Site Speed Diagnostic Tool from Google - Google Lighthouse is described. The research of the pages of the site Automoto.ua, which previously implemented these advisory systems, was conducted.*

Рекомендаційна система — підклас системи фільтрації інформації, яка будує рейтинговий перелік об'єктів (фільми, музика, книги, новини, веб-сайти), яким користувач може надати перевагу. Для цього використовується інформація з профілю користувача. Існують дві основні стратегії створення рекомендаційних систем: фільтрація вмісту і колаборативна фільтрація. При фільтрації вмісту створюються профілі користувачів і об'єктів. Профілі користувачів можуть містити демографічну інформацію або відповіді на певний набір питань. Профілі об'єктів можуть містити назви жанрів, імена акторів, імена виконавців, тощо. Або якусь іншу інформацію в залежності від типу об'єкта. При колаборативній фільтрації використовується інформація про поведінку користувачів у минулому — наприклад, інформація про придбання або оцінки. В цьому разі не має значення, з якими типами об'єктів ведеться робота, але при цьому можна брати до уваги неявні характеристики, які складно було б врахувати при створенні профілю. Основна проблема цього типу рекомендаційних систем — «холодний старт»: відсутність даних про користувачів чи об'єкти, які нещодавно з'явилися у системі.

Тому, можна зробити висновок, що продукт як сайт повинен бути максимально корисним для користувача. Цим обґрунтовується актуальність проведення даних досліджень.

На точність рекомендаційних систем впливають зовнішні та внутрішні фактори. Внутрішні фактори залежать переважно від кількості вхідних даних, їх точності, методу фільтрації та прогнозування і т.д. Проте, базовими впливними факторами є зовнішні, без оптимізації яких неможливо добитись результату. До основних зовнішніх впливних факторів точності рекомендаційних систем відносять:

- швидкість сайту;
- дизайн (юзабіліті);
- розміщення рекомендаційного блоку;
- наявність редіректів;
- 40X та 50X сторінки (Наприклад 404, 502);
- кількість реклами;
- кількість контенту;

–кількість внутрішніх посилань на сайті.

Розберемо детальніше кожний фактор. Швидкість сайту: за дослідженнями компанії Google, майже половина користувачів на мобільній версії сайту покидає сайт, якщо він завантажується довше 3 секунд. Це означає, що який би не був точний та складний алгоритм рекомендаційної системи – половина користувачів на мобільній версії його не побачить. Тому оптимізації швидкості сайту перед розробкою рекомендаційної системи досить важлива проблема, яка є трендом. Оскільки в червні цього року швидкість сайту вперше стала офіційним фактором ранжування в рамках оновлення Google Speed Update. В цій тезі доповіді буде висвітлена найбільше сама ця проблема, проте розберемо поверхнево інші фактори.

Дизайн (юзабіліті) є досить важливим впливним фактором, оскільки кожному користувачеві повинен бути зрозумілим дизайн та навігація сайту. Без цього, людина або одразу покине сайт, або не буде ходити довго по сайту і його сторінках, і таким чином може не звернути увагу на рекомендаційну систему, яка може бути оформлена у форматі блоку, або слайдера.

Розміщення рекомендаційного блоку є теж одним із основних впливних зовнішніх факторів, оскільки часто буває ситуація, коли рекомендаційний блок знаходить внизу сторінки і велика частина користувачів не доскролить до блоку, таким чином його просто не побачить. З цього випливає, що знову, який би не був точний алгоритм рекомендаційної системи – якщо рекомендаційних блок не побачить користувач, то це суттєво погіршує базові результати вимірювання, які зазвичай дорівнюють відношенню кількості користувачів, які зайшли на сторінку, до користувачів які клікнути на блок. Тому, якщо рекомендаційного блоку немає у видимій частині екрану – потрібно аналізувати точність такого блоку як відношення користувачів, які побачили рекомендаційний блок до користувачів, які на нього клікнули.

Наявність редіректів є важливим фактором. Уявімо ситуацію, що рекомендаційний блок закріплений у видимій частині екрану, дизайн та навігація зручна та зрозуміла користувачам, але в кінцевому результаті користувача просто перекидає 301 редіректом на іншу сторінку. Таким чином, потрібно уникати 301 (або 302) редіректів на інші сторінки сайту. Дозволяється тільки робити редірект URL в URL, наприклад із HTTP версії сторінки на HTTPS.

40X та 50X сторінки (Наприклад 404, 502) є популярною проблемою, якщо наприклад сторінка не знайдена, коли не оптимізована під

відсутність товару, якщо не враховувати різні технічні помилки, або 50X помилки сервера, коли немає доступу до сторінки, або до сайту в цілому.

Кількість реклами та контенту теж є впливним фактором на точність. Реклама, якщо вона таргетована може привернути увагу користувача та він може перейти на рекламний сайт. Велика кількість контенту може вплинути на конверсії, оскільки в користувача багато інформації/фото/відео, які можуть спричинити меншу клікабельність по рекомендаційному блоку.

Кількість внутрішніх посилань (перелінковка) є важливим фактором, оскільки чим більше ми даємо користувачу можливостей клікнути десь на сторінці, тим більше вірогідність того, що він цим скористається, якщо посилання на інші сторінки сайту релевантні та присутні тільки в рамках навігації та зручності.

Повертаючись до проблеми швидкості, мета даної роботи - це програмне діагностування швидкості програмного забезпечення як впливний фактор на результат точності рекомендаційних систем. Тому, було обрано нову розробку Google – Google LightHouse. Цей сервіс з відкритим кодом представляє собою інструмент оцінки якості сайтів, який працює в автоматичному режимі. Він може провести аналіз продуктивності та аудиту юзабіліті сторінки.

По функціоналу Lighthouse нагадує основні пошукові сервіси - Analytics, PageSpeed Insights, але має ряд істотних переваг перед ними:

- володіє основними функціями відразу всіх служб - не потрібно відкривати всі інструменти розробника в Google Chrome;

- оскільки служба працює у вигляді розширення, то може проводити аудит тестових сторінок або сайтів з авторизацією;

- активна робота з побажаннями - автори розбирають коментарі розробників і постійно долають інструмент.

- до мінусів можна віднести відсутність російської або української мови - проте в Lighthouse Google постарався розмістити простий функціонал, тому це не повинно бути проблемою.

- додаток існує на двох платформах: у вигляді розширення для браузера Chrome і в розробника інструментів у Chrome Canary.

- google Lighthouse показує:

- performance - час, за який сайт завантажується і стає доступним для використання;

- progressive Web App - підходить чи сторінка під стандартами PWA;

- best Practices - відповідає ли сторінка кращим світовим практикам;

–accessibility - можуть ли сайтом користуватися люди з порушеннями функцій організму;

–SEO - виконується чи оптимізація сайту під пошукові системи.

Для дослідження взято сайт Automoto.ua, де ми раніше реалізували дві рекомендаційні системи: «Більш вигідно» та «З цим авто також шукають». Перевіримо через плагін оптимізацію швидкості головної сторінки, сторінки каталогу, та кінцевої сторінки оголошення – саме там, де реалізовані дві рекомендаційні системи.

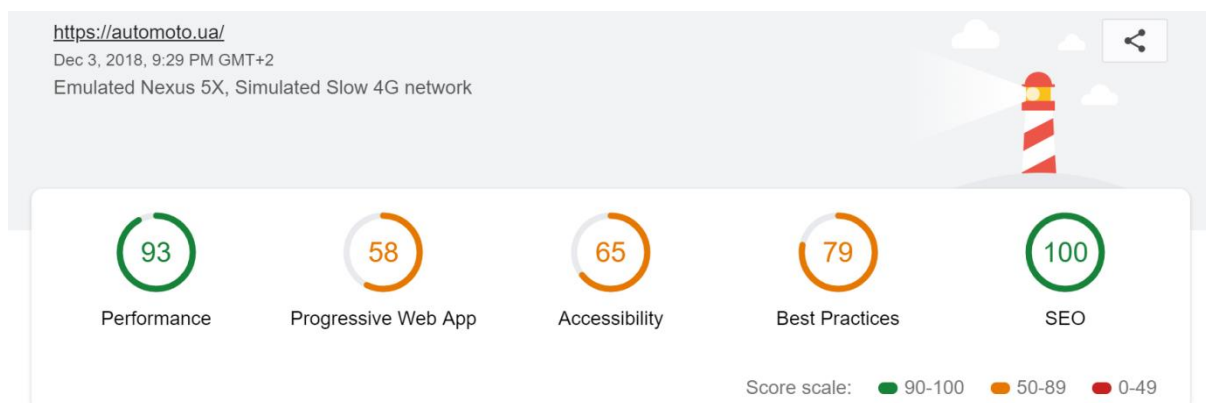


Рисунок 1 – результат Google LightHouse головної сторінки Automoto.ua

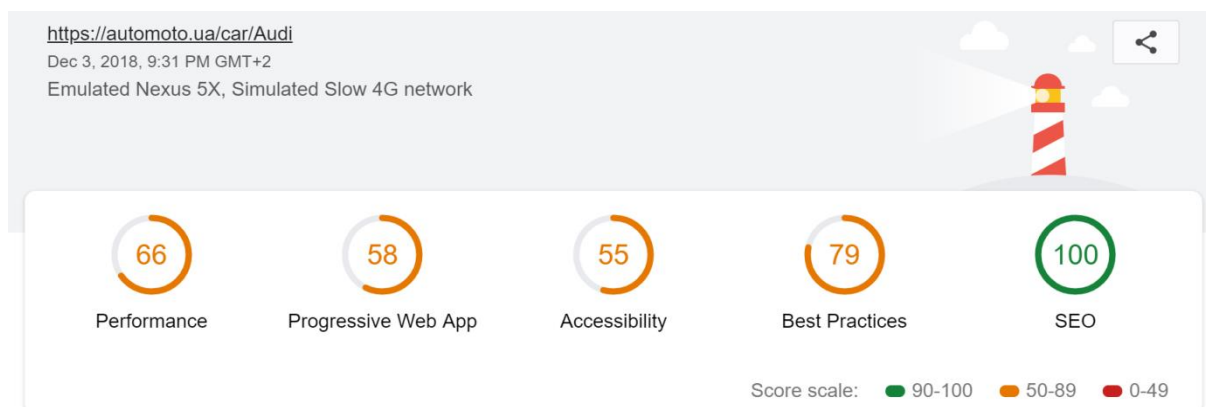


Рисунок 2 – результат Google LightHouse сторінки каталогу Audi <https://automoto.ua/car/Audi>

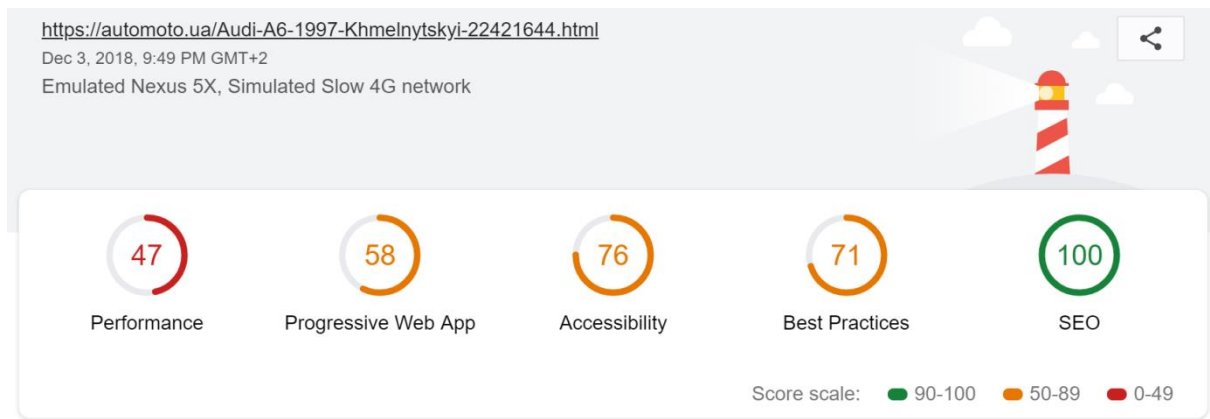


Рисунок 3 – результат Google LightHouse сторінки оголошення Audi A6

**Висновок.** Провівши такі базові дослідження, можна зробити висновок, що типи сторінок на яких в нас реалізовані рекомендаційні системи – найгірше оптимізовані по швидкості, опираючись на параметр «Performance», який вказує час, за який завантажується сторінки. Бачимо, що показник критично червоний та дорівнює 47. Таким чином, можна зробити висновок, що перед реалізацією, чи вдосконаленням рекомендаційних систем, потрібно оптимізувати швидкість сайту та всіх його сторінок, оскільки це може сильно повпливати на результат роботи рекомендаційної системи.

УДК 621.317.08:621.3.037.372.22

## MODELING OF INFORMATION FORM TRANSFORMATION PROCESSES IN POSITIONAL NUMERAL SYSTEMS BASED ON THE VECTOR-BRANCHING DIAGRAMS

*Petryshyn Mykhailo<sup>1</sup>, Taras Pivarchuk<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, , 76018, Ivano-Frankivsk, Shevchenko str. 57*

<sup>2</sup>*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 76019 Ivano-Frankivsk, Karpats'ka St.*

**Анотація.** У даній роботі розроблено метод моделювання процесу перетворення форми інформації на основі моделей векторного розгалуження, що дозволяє візуалізувати перебіг процесу. Були реалізовані моделі з унітарним і розрядно-позиційним вихідним кодом, з прямим і зворотним ходом. Для кожної з систем розроблені моделі

*перебігу процесу перетворення форми інформації. Для всього діапазону і для кожного значення розраховано кількість кроків, які необхідні для знаходження невідомих значень. Побудовано графіки коефіцієнтів конверсії, що дозволяють порівняти розглянуті методи.*

***Abstract.** In the given work the method of modeling of the process of transformation of the form of information on the basis of models of vector branching is developed, which allows visualizing the progress of the process. The models with unitary and digit-positional source code and with direct and reverse move were implemented. For each system, models are developed for the process of transforming the form of information. For the entire range and for each value, the number of steps required to find unknown values is calculated. Graphs of conversion coefficients were constructed, which allow comparing the discussed methods.*

## **1. Introduction**

One of the main systems functions in electronic systems is transformation and processing of digital data by the information sources. Selection of the data coding method can provide optimal technical and economical characteristics of a electronic devices for information form transformation (TIF). Visualization and definition of quantitative evaluation of TIF processes dynamic parameters proved to be the major factors in the justification and development of new modelling techniques of electronic devices.

The main goal of the research was development a modelling method based on VBD, application of which allows to accomplish the graphical visualization of TIF process, provide complete information about the process progress and also to accomplish the quantitative assessment the properties of the chosen TIF method.

The VBD method summarizes the properties of TIF process modelling techniques based on the scales theory and indicator modelling [2, 3]. Specifically modelling based on balancing the unknown mass value on the scales is done by adding or removing reference values of measures, both on the side opposite to the location of the unknown mass value (for additive method), and the side on which the object is located (for subtractive-additive method) [3].

## **2. Construction of Vector-Branching Diagrams**

VBD method basically used the indicator modelling with the ability of applying indicator elements (IE) not only on the side opposite to location of the research object (additive method), but also on the side of location the



research object (subtractive-additive), that is interpreted in this case as a change of the sign of reference value to the opposite with respectively adding or subtracting measures before or on the values of positions applying points of IE. Practice of TIF process modelling based on realization of defined procedures comparison implemented using comparators for determining the ratio of an unknown value of a defined system of "reference values" or "measures" or "scale", formed a "system of transformation units". TIF process is reduced to sequential comparisons of the unknown value with certain manner specified values system "measures" that are formed as the total value of each iterative step transformation process. As a result of the process of iterative comparisons formed the final result quantify the value of an unknown input parameter transformation [2].

VBD building is accomplished according to the following sequence: analysis of the object → choice of model → construction of algorithm calculation → program synthesis → computation results analysis[5].

### 3. Analysis of TIF Modelling Algorithm with Unitary Output Code

Modern electronic TIF devices formulates the output streams as data conversion codes of incoming messages mostly in positional numeral systems. In the next will analyze VBD, constructed on the basis methods of additive and subtractive-additive transformation of input parameters unknown values.

Unitary numeral system and unitary coding is used in electronic devices for primary TIF and performing highly reliable information exchange and digital processing. In unitary code any number is represented as a sequence of unitary pulses, or logical units, whose number is defined by an unknown numeric value  $x$  of input transformation parameter [7]. In practice unitary coding identified with number-pulse codes group [8].

$$N = a_{n-1} q^{n-1} + a_{n-2} q^{n-2} + \dots + a_i q^i + \dots + a_1 q^1 + a_0 q^0,$$

where  $q = l$  – basis of numeral system;

$a_i$  – bit coefficients, that are taking values  $a_i = \{0, q-1\} = \{0, \emptyset\}$ .

The main disadvantage of using such numeral system and coding - significant redundancy of formed coded field [8], that causes significant burden on information exchange devices, performance reducing and reliability of information exchange, increasing the cost of computing power for their transformation. But according to the nature of information sources, most of them forms the primary TIF in unitary or similar to unitary codes, which makes it necessary to analyze the effectiveness of their application in TIF technique. Another positive feature of unitary coding is a high level of noise resistance procedures of forming messages and information exchange that

proves the efficiency of its usage in highly reliable equipment of special purpose [7].

The results of the analysis determined that the TIF technique may make primary conversion in two methods:

- with iterative incrementation zero value by unitary measure  $q$  to the moment of comparison the formed sum by unitary measure  $\sum q$  with unknown input value  $x$ . The result of the transformation is a numerical value of formatted sum  $\sum q$  in comparison process, which is the equivalent of the input value of  $x$  aspect ratio of quantitative measure value  $q$ , which in the TIF technique is defined as a quantum splitting input transformation range  $0 \div N-1$ ;
- with iterative decrementation maximal value sum of measure  $N-1$  range transformation  $0 \div N-1$  single measures  $q$  by the time of comparison value residual sum  $(N-1) - \sum q$  during the value decrementation  $N-1$  by unitary measure  $\sum q$  with the input unknown value  $x$ . The result of transformation is obtained numerical value of the residual sum  $(N-1) - \sum q$  during the comparison, which is the equivalent of the unknown input value  $x$ .

#### 4. TIF Modelling with Bit-Positional Output Code

Unlike to the positional numeral systems with bit values of positions that are a power range of numeral system basis  $q$ , in the bit-positional code values of bit positions is the ordered row of natural numbers. The positional principle determines the quantitative value of converting a single unit in a parallel format  $N$  bits of code, whose position is equivalent to numerical quantity value.

$$N = a_{N-1}N-1 + a_{N-2}N-2 + \dots + a_i i + \dots + a_1 1 + a_0 0,$$

where  $q = N-1, N-2, \dots, i, \dots, 1, 0$  – the values of bit-positional numeral system;

$a_i = \{1, 0\}$  – bit coefficients.

The main disadvantage bit-positional numeral system, as in a unitary, is significant code redundancy, that leads to reducing of dynamic TIF parameters. The results of the analysis determined that the TIF technique may make an initial transformation two methods:

- iterative transition from the least significant bit (LSB)  $q_0$  value of a series of numbers to the most significant bit (MSB)  $q_n$  of the unknown input value  $x$ . The result of transformation the number of operations that need to be implement to get the result *less* of comparison the unknown value  $x$  number with value  $q_i$ .

- iterative transition from the MSB  $q_n$  value to the LSB  $q_0$  with the unknown input value  $x$ . The result of transformation the number of operations that need to be implement to get the result *more* of comparison the unknown value  $x$  number with value  $q_i$ .

## 5. Conclusion

In this paper was considered some of the basic additive numeral systems namely the unitary and bit-positional that are used in the analog to digital transformation technology to transformation of information form.

Executed the modelling method of TIF processes based on the vector-branching diagrams, which allowed to graphical visualization of TIF process. Analyzed algorithms on which is carried out transformation form information, and based on them constructed vector-branching diagrams that show the progress of each of the values included in the range of trans-formation.

## References:

1. S. Melnyk, "Constructive approach application to the information forms transformation", / I. S. Melnyk, M. L. Petryshyn, Information Technology 2016 : III Ukr. conference of young scientists, 19 May 2016, Kiev, Borys Grinchenko Kyiv University, 2016.
2. L. B. Petryshyn, "Modelling of subtractive-additive methods of information form transformation", NTSh Mathematical Journal; ISSN 1812 – 6774, Lviv, 2012, , pp. 246–268.
3. H. H. Rannev, A. P. Tarasenko, "Methods and means of measuring: Lectures for Universities", 3-edit., M., "Academy" Publishing Centre. 2006, 336 p.
4. L. B. Petryshyn, "Bases of substraktive-additives coding systems", Informative Safety, №2(4), Luhansk, 2010.
5. L. N. Bryanskyy, A. S. Doynykov, B. N. Krupyn, "Features presentation of the measurement results in differently types scales". ZiPM, № 6, 1996.
6. M. L. Petryshyn, "Application of vector-branching diagrams in the TIF processes modelling", II International conference "Computer Algebra and Information Technology", 21-26 August 2016, Ukraine. Abstracts, Odessa I. I. Mechnikov National University. Odessa, 2016, p 60.
7. O. A. Borysenko, "Lectures on discrete mathematics (arrays and logic): teach. guidances", 3-edit., University book press. Sumy, 2002, 180 p.

8. L. B. Petryshyn, O. A. Borysenko, "To definition of the unitary numeral system properties", Electronics and Control Systems, NAU, No 3 (17).

УДК 681.5:622.276

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ДИНАМОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ШТАНГОВИХ ГЛИБИННО-НАСОСНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИДОБУТКУ НАФТИ НА БАЗІ АПАРАТУ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

*Заміховський Л.М., Кіцкайло М.Я., Романюк А.Б.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м.  
Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [leozam@ukr.net](mailto:leozam@ukr.net), +38 (0342)72-71-70*

***Анотація.** В роботі розглядається питання підвищення ефективності динамометричного методу діагностування технічного стану штангових глибинно-насосних установок для видобутку нафти (ШГНУ) в процесі їх експлуатації на основі використання штучних нейронних мереж для обробки динамограм.*

*Наводяться результати розпізнавання ідеалізованих динамограм, що характеризують різні дефекти (стани) ШГНУ, засобами нейронної мережі. Для цього запропонована матрична форма цифрового представлення динамограм в бінарному коді розміром 15x9 та їх обробка на базі програмного продукту Matlab із вбудованою функцією створення нейронних мереж (додаток Neural Network Toolbox).*

*Результати тестування якості роботи запропонованої двошарової нейронної мережі прямого поширення показали достатньо високу точність розпізнавання динамограми при наявності значного рівня завад.*

***Abstract.** The paper deals with the issue of increasing the efficiency of a dynamometric method for diagnosing the technical condition of sucker rod pumping units for oil production (SRPU) during their operation based on the use of artificial neural networks for processing dynamograms.*

*The results of recognition of idealized dynamograms characterizing various defects (states) of the SRPU using the neural network are presented. For this purpose, the matrix form of the digital representation of the dynamogram in*

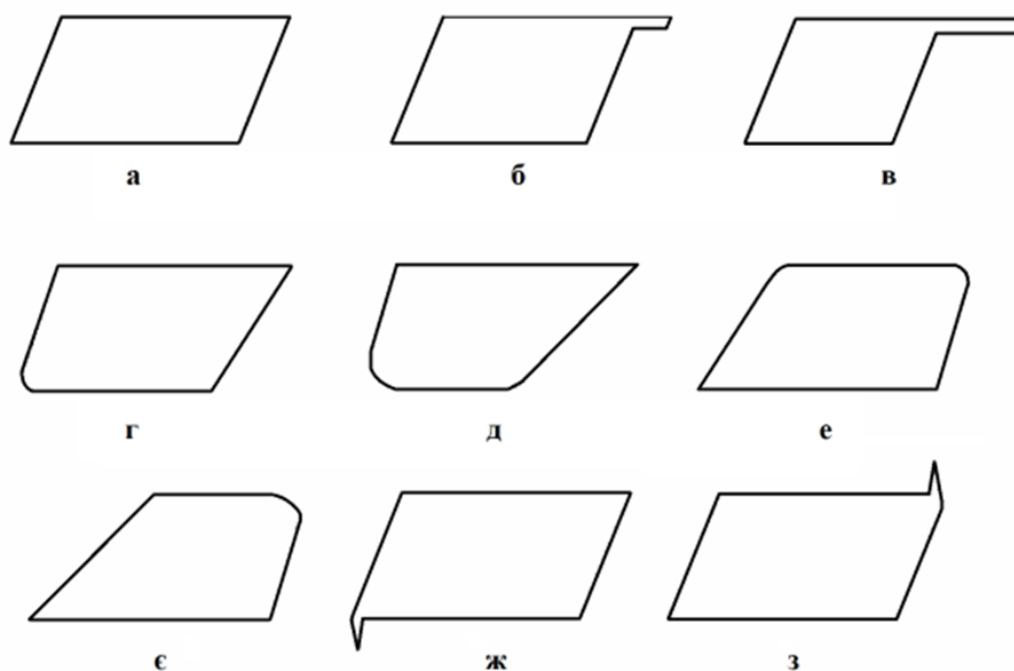
*the 15x9 binary code and their processing based on the Matlab software product with the built-in neural network creation function (the Neural Network Toolbox application) is proposed.*

*The results of testing the performance of the proposed two-layer neural network of direct propagation showed a fairly high recognition accuracy of dynamograms in the presence of a significant level of interference.*

Сьогодні видобування нафти за допомогою штангових глибинно-насосних установок (ШГНУ) залишається найбільш розповсюдженим способом механізованого видобутку нафти. В той же час скорочення запасів нафти, зростання енергоспоживання при її видобутку та збільшення кількості відмов і аварійних ситуацій, обумовлених насамперед тривалим терміном експлуатації ШГНУ (20 - 30 років), вимагають підвищення ефективності механізованого видобутку шляхом енергозбереження, оптимізації режимів роботи свердловини, а також контролю поточного технічного стану ШГНУ. Останнє вимагає запровадження як існуючих методів і засобів діагностування ШГНУ, так і їх вдосконалення та розробки нових методів на базі сучасних інформаційних технологій.

Найбільш повний аналіз відомих методів діагностування ШГНУ наведено в роботі [1]. В ній наводиться також опис розроблених авторами нових методів діагностування ШГНУ, зокрема вібраційного методу та методу швидкісних характеристик, і вдосконалення, з використанням ортогональних перетворень (перетворення Уолша та вейвлет-перетворення), існуючих методів та результати їх впровадження на нафтопромислах АТ «Укрнафта». Незважаючи на появу після публікації [1] вдосконалених на базі сучасних інформаційних технологій нових методів діагностування ШГНУ найбільш поширеним залишається динамометричний метод.

Динамометричний метод базується на розпізнаванні динамограми – кривої залежності навантаження на полірованому штоку ШГНУ від його переміщення. Шляхом порівняння отриманої з використанням технічних засобів діагностування поточної динамограми з динамограмою нормальної роботи ШГНУ робиться висновок щодо її технічного стану. Кожен дефект ШГНУ відображається в зміні форми динамограми. Як приклад, на рис.1 наведені ідеалізовані форми динамограм, що відображають різні технічні стани ШГНУ.



а - нормальна робота; б, в – не заповнення насоса; г, д - витік в приймальньому клапані; е, є - витік в нагнітальному клапані; ж - низька посадка плунжера; з - висока посадка плунжера

Рисунок 1 – Ідеалізовані динамограми основних дефектних станів ШГН

Враховуючи, що реальні динамограми відрізняються від ідеальних основною задачею є вибір методу їх розпізнавання. Наведений в [1] аналіз методів розпізнавання динамограм показав, що всі розглянуті методи мають обмеження або по кількості станів, що розпізнаються, або по допустимій степені динамічності режиму експлуатації ШГНУ, що забезпечує необхідну вірогідність розпізнавання.

Зокрема методи, що використовують логічні ознаки опису форми динамограми, значною мірою залежать від точності визначення положення так званих «характерних точок» і виявляються нестійкими до наявності шумів та динамічних навантажень. В той же час методи, що базуються на загальних підходах теорії розпізнавання образів, не враховують особливостей розміщення класів технічних станів у просторі ознак в залежності від технологічних параметрів і режимів роботи свердловини, а також степені розвитку дефектів. Не обґрунтовуються способи формування векторів ознак та еталонних класів. В [2] запропоновано нові способи формування вектора ознак при діагностуванні динамометричним методом – на основі коефіцієнтів розкладу в базисі Уолша та вейвлет-базисі, а також шляхом обчислення модифікованої різницевої кривої, що дозволяє підвищити вірогідність

діагностування в порівнянні з відомими методами.

Незважаючи на отримані позитивні результати проблема підвищення надійності і ефективності діагностування технічного стану ШГНУ залишається актуальною, що визначає задачу даної статті – підвищення достовірності розпізнавання динамограм за допомогою апарату нейронних мереж (НМ).

Не зупиняючись на огляді відомих видів архітектур НМ, які визначаються правилами розповсюдження сигналу, правилами навчання, топологією мережі та стабільністю зв'язків [3,4] відмітимо, що на практиці широко використовується неповнозв'язні НМ серед яких виділяють одношарові, багатшарові та «з довільною структурою». Для вирішення поставленої задачі будемо використовувати багатшаровий перспетрон (БШП), що обумовлюється його детально розробленим математичним забезпеченням, ефективністю та апробованістю і, що саме головне - можливістю реалізації за допомогою таких відомих пакетів програмних продуктів, як NeuroPro, Mathcad, Matlab, Deductor та Neurosolutions.

На першому етапі вирішення поставленої задачі вимірюючи навантаження на полірований шток і його переміщення з використанням системи діагностування будують динамограму. Далі для її розпізнавання – порівняння з еталонною динамограмою і подальшим визначенням дефектного стану необхідно вибрати спосіб її представлення (оцифрування).

Для цього скористаємося переведенням динамограми в матричну форму цифрового представлення в бінарному коді з роздільною здатністю 14x8 (рис.1)[5]

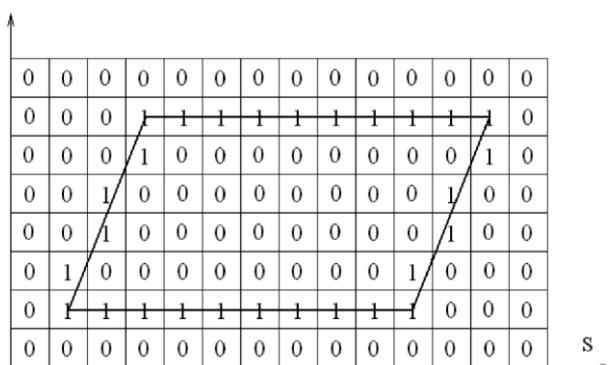


Рисунок 1 - Приклад оцифрування динамограми

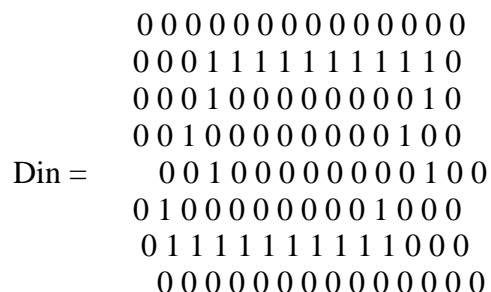


Рисунок 2 – Цифрове представлення динамограми у вигляді бінарного коду

Далі, на основі даних, отриманих в результаті зазначеного перетворення графічного зображення, шляхом послідовного запису рядків «зліва направо – зверху вниз», формується бінарний код динамограми, що представляє собою вектор - рядок з 112 елементів (рис.2).

З врахуванням викладеного було проведено оцифрування ідеалізованих динамограм для основних дефектних станів ШГНУ (рис.3)

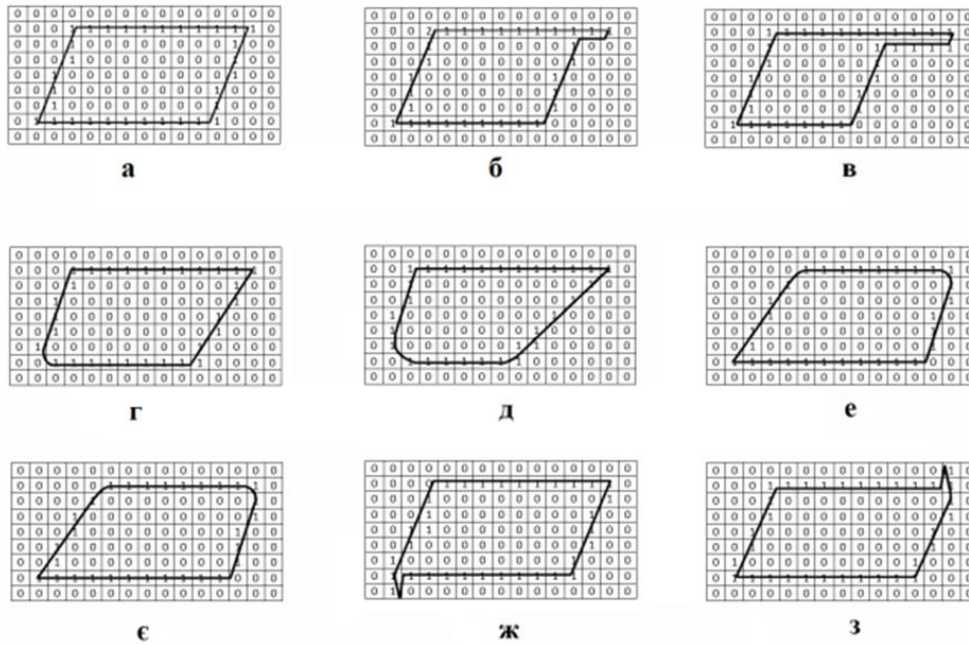
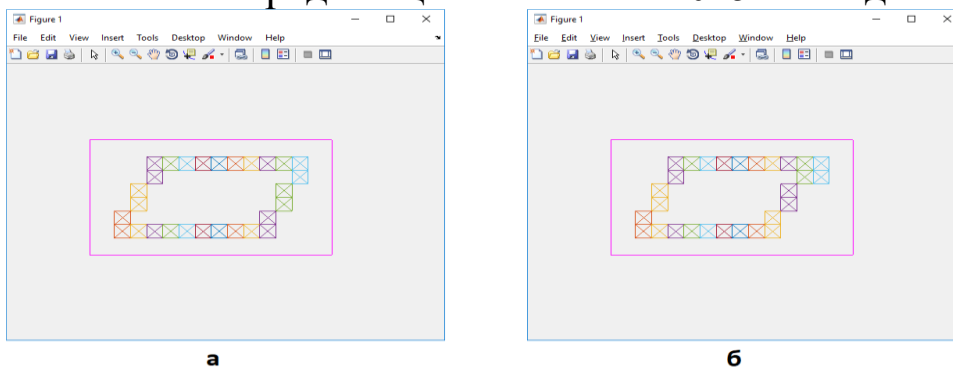


Рисунок 3 - Оцифровані типові ідеалізовані динамограми основних станів ШГНУ

При виведенні оцифрованого зображення динамограми на екран комп'ютера вектори-рядки перетворюються в матрицю необхідного розміру. Результати роботи програми візуалізації SHOWING.M бінарного представлення окремих ідеалізованих динамограм типових станів ШГНУ, реалізованої в середовищі MATLAB R2015b наведені на рис. 4.





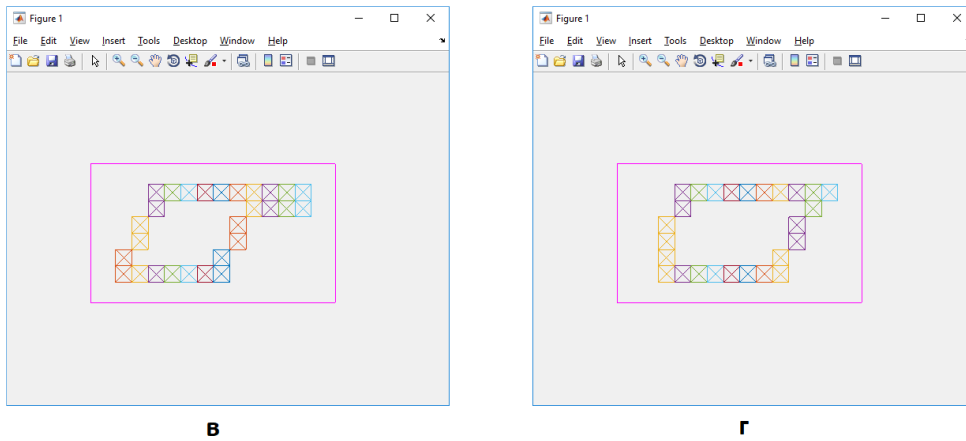


Рисунок 4 - Вікна візуалізації векторно-матричного представлення динамограм при роботі програми PICTURES.M: а - нормальна робота; б, в – незаповнення насоса; г - витік в приймальному клапані.

Для реалізації задачі розпізнавання динамограм вибрана двошарова НМ прямого поширення, яка відрізняється простотою зв'язків між нейронами. Параметри мережі отримали виходячи з завдання розпізнавання необхідного числа динамограм (9 типів) та способу їх цифрового відображення (вектор-рядок з 135 елементів).

НМ містить 135 вхідних нейронів, 9 нейронів вихідного шару, у внутрішньому шарі на основі результатів обчислювальних експериментів пропонується використовувати 27 нейронів. Як функція активації застосована сигмоїдальна (логістична) функція. На вхід НМ подається попередньо сформований вектор-рядок  $d_{ini}$ , що характеризує вид аналізованої динамограми. На виході мережі отримуємо чисельне значення коефіцієнта приналежності динамограми розпізнавання до кожної з дев'яти типових динамограм.

Структурна схема створеної НМ в Matlab зображена на рис.4

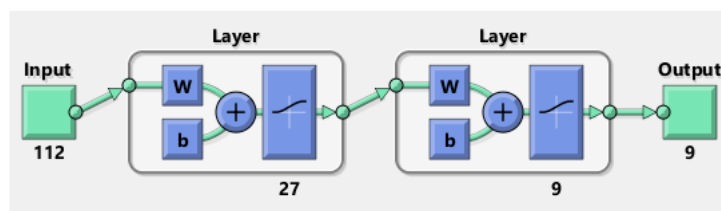


Рисунок 5 - Структурна схема створеної НМ в Matlab

Всі дослідження і аналіз якості роботи НМ виконані в додатку Neural Network Toolbox в середовищі MATLAB R2015b [5].

Розроблена модель системи діагностування ШГНУ на базі НМ містить п'ять файлів-програм (рис.6).

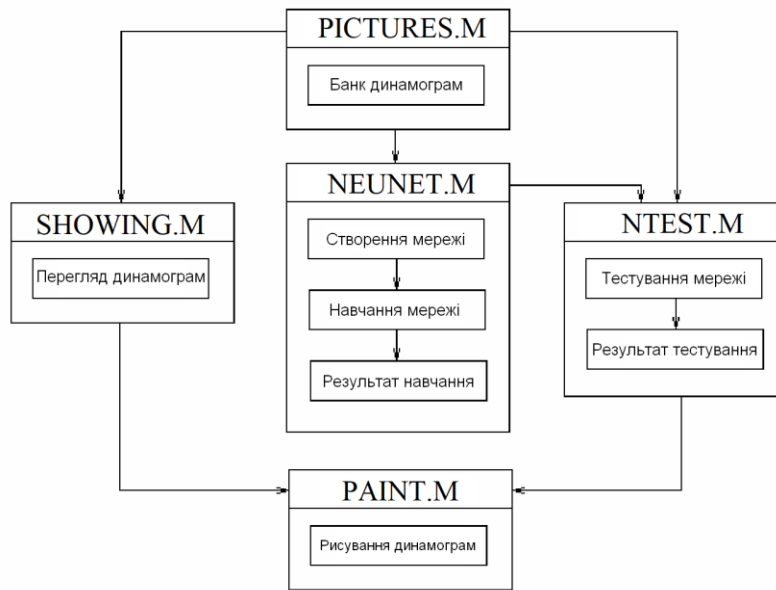
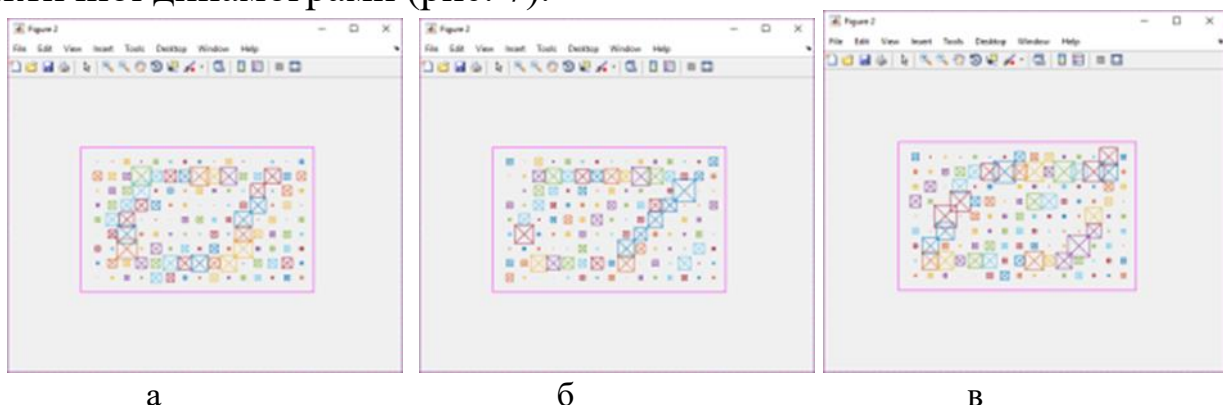


Рисунок 6 - Структура моделі системи діагностування ШГНУ на базі НМ

Навчання мережі проведено ітеративним градієнтним методом за допомогою комбінованого алгоритму зворотного поширення помилки збуренням та адаптацією параметра швидкості налаштування. Розроблена програма, яка задає параметри навчання у файлі NEUNET.M. Під час її запуску на екрані з'являється графік, що відображає залежність величини помилки навчання від числа циклів навчання.

Було проведено тестування НМ, засноване на розрахунку коефіцієнта належності динамограми, що розпізнається з порівняльним аналізом типових динамограм, з використанням програми NTEST.M (рис.6).

Для порівняння вибирали будь-яку ідеалізовану динамограму з рис. 1 і накладали на неї заваду (шум), що фактично наближало її вигляд до практичної динамограми (рис. 7).



а

б

в

Рисунок 7 – Вигляд типових динамограм з накладеними завадами (сформовані випадковим чином) з рівнем шуму 0,3: а - не заповнення

насоса; б - витік в приймальному клапані; в - висока посадка плунжера

Далі проводили порівняння сформованої зашумленої динамограми з 9-ма еталонними й отримували відповідне значення коефіцієнта належності, яке заносили в таблицю (табл. 1). Як видно з табл.1 НМ забезпечує досить високу точність розпізнавання динамограми.

Таблиця 1 – результуючі коефіцієнти належності динамограм

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1	0,9759	0,9292	0,8642	0,9311	0,9267	0,8298	0,8360
2	0,9806	0,9652	0,9585	0,9711	0,9054	0,9697	0,5226
3	0,9722	0,9784	0,9193	0,9752	0,6927	0,8698	0,3476
4	0,9711	0,9831	0,9746	0,8627	0,8499	0,8901	0,8630
5	0,9833	0,9829	0,9797	0,9013	0,9398	0,8027	0,9223
6	0,9640	0,9486	0,9568	0,6153	0,9512	0,9705	0,4019
7	0,9719	0,9826	0,9789	0,9550	0,9202	0,7764	0,8833
8	0,9780	0,9749	0,9083	0,9213	0,8041	0,8636	0,3713
9	0,9757	0,9580	0,8232	0,9845	0,6854	0,8103	0,9565

Для перевірки здатності НМ до розпізнавання динамограми для різних рівнів шуму були проведені також дослідження, на прикладі динамограми «г» і «з» (рис.1), зв'язку коефіцієнта належності з рівнем шуму шляхом проведення трьох проб на кожен рівень шуму, які підтвердили ефективність запропонованої НМ.

Висновки. Результати тестування якості роботи запропонованої НМ показують, що розглянута структура цілком здатна забезпечити досить високу точність розпізнавання динамограми навіть при наявності значного рівня завад. В окремих випадках через схожість деяких типових динамограм коефіцієнт був менший 0,5, проте при повторній перевірці значення були близькі до 1.

### Список використаної літератури:

1. Заміховський Л.М. Діагностика технічного стану штангових глибинно-насосних установок [Текст]: монографія/ Л.М. Заміховський, В.А. Ровінський, О.В. Євчук// - Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2006. – 308 с.

2. Євчук О.В. Вдосконалення динамометричного методу та технічних засобів діагностування штангових глибинно-насосних установок для видобутку нафти [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / Євчук Ольга Василівна - Івано-Франківськ, 2004. –119с.

3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр. / Хайкин С. ; пер. с англ. Н. Н. Куссуль - М. :Вильямс, 2006. - 1104 с.

4. Лазарев В.М. Нейросети и нейрокомпьютеры/В.М.Лазарев, А.П.Свиридов. – М.: МГТУ РЭА. - 2011. -131с

5. Зюзев А.М. Система диагностики щтанговой гшлубинно-насосной установки на основе нейронной сети/А.М.Зюзев, А.В.Костылев//Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB»:тр. Всерос. науч. конф. – М.: ИПУ РАН, 2004. – С.1266-1272

6. Медведев В. С., Потемкин В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В.Г. Потемкина.— М.: Диалог-МИФИ, 2002.— 496с.

УДК 681.3

## DIAGNOSTIC THE RELIABILITY OF THE COMPUTING COMPLEXES

*Trushakov D., Osadchiy S.*

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, prospect  
Universitetskiy, 8  
e-mail: [dmitro.trushakov@gmail.com](mailto:dmitro.trushakov@gmail.com)*

**Анотація.** В статті описані основні підходи до дослідження надійності сучасних керуючих обчислювальних комплексів, що призначені для рішення задач різної складності. Проведено дослідження надійності персонального комп'ютера.

**Abstract.** The article describes the main approaches to the study of the reliability of modern control computer systems designed to solve problems of varying complexity. A study was conducted on the reliability of a personal computer.

The purpose of research in this article is possibilities diagnostic of operating reliability of computing systems with various configurations.

For comparative valuation possibilities of operating various configurations of computing complexes let's examine some standard single-processor computing system [] and mark it [p+m], where p – it's standard processor (CPU) and m – random access memory (RAM). Now let`s mark P – CPU with

double productivity compared to  $p$ , and  $M - \text{RAM}$  with double capacity and channels throughput compared to  $m$ . Also we will examine single-processor system with standard CPU  $p$  and doubled RAM  $M$  and system with double-productivity-CPU  $P$  and standard RAM  $- [p+M]$  and  $[P+M]$  respectively. Let's examine also combined system consisting of two standard systems  $- [2(p+m)+M]$ , and double-processor-system consisting of two standard CPU  $p$  with common double capacity RAM  $M$ , marked below  $[2p+M]$ . CPU and RAM connected with Unibus. All described structures, and structures, received by combination of standard units, are shown on fig.1. Notice, that structures marked on Fig.1 (a, b, c, e, f, i) are considered as basic, and others  $- \text{Fig.1. (d, g, h)}$   $-$  their exception cases, got by failure of other units.

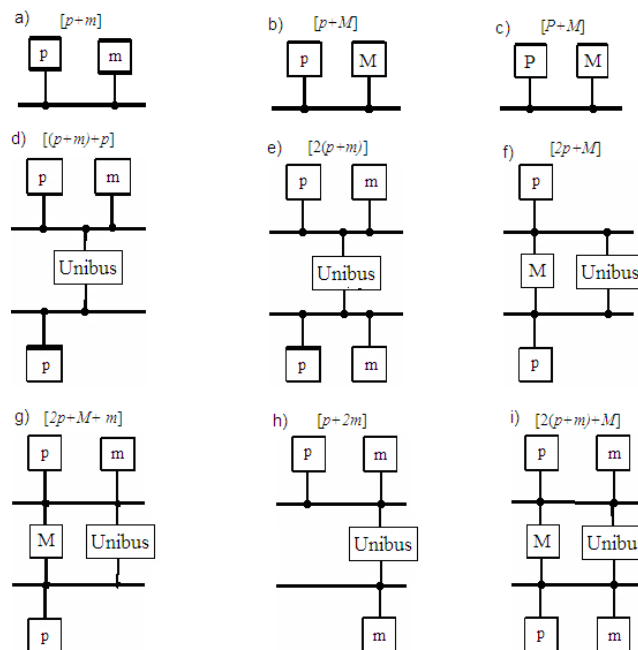


Figure1. Possible variants of computing systems structures

The result of comparative evaluation is given in Table 1. Used next denotations of structure quality: “+” – usual possibilities; “++” – better possibilities; “+++” – best possibilities.

From the Table 1 follows that double-CPU structure  $[2p+M]$  has some advantages in some fields, but need to notice that it's productivity doesn't reach neither productivity of structure  $[p+M]$ , nor productivity of structure  $[P+M]$ . Need to notice that two-processor structure with common memory  $[2p+M]$  is equal to other structures or exceeds them by index of critical readiness, accomplishment of especially requiring the expenditure of much labour tasks and working in terms of short-time overloads, peak loads. The disadvantage of this structure is necessity of frequently system reboots what is

a result of its operating system's and other control mechanisms higher complication. Also reliability of most important data preservation in such structure compared to pair of parallel systems is defined strictly duplicating. Appropriate appraisal for structure  $[2(p+m)+M]$  got from appraisal of simplest structures.

Table 1. Comparative appraisal of computation system structures

Criterion	The computation system structure				
	$[2p+M]$	$[p+M]$	$[2(p+m)]$	$[P+M]$	$[2(p+m)+M]$
Productivity	++	+	++	+++	++
Protectability (reliability of most important data storage)	+	+	+++	+	+++
Restart frequency in process performance of task	+	+++	++	-	+++
Limiting availability	+++	+	++	+	+++
Realization especially laborious task	+++	++	+	+++	+++

The reliability of modern managing computing complex (MMCC) consisting of many devices at the present time is still considered not high enough - the time of failure to work is up to 1000 hours ago, in order to increase reliability, duplicate not only individual devices but MCC as a whole. Thus, two-machine complexes are often used in, in this complex, one computer performs the most important operational calculations, and the other is in the state of the "loaded" reserve by performing less important calculations. In this case, the exchange of information husband computer occurs through communication devices. Each computer computing system periodically performs self-test by running a test program and in case of service informs about this second computer. If during such time period such signal is absent then it is perceived by any of two computers as a failure signal of another when the first computer of a second computer stops performing non-operative calculations and begins to perform functions of the first computer. Work on the failure of the function of operational calculations with such a two-machine complex is determined by the probability of failure of the two computers at the same time and calculated by the equation:

$$T = \frac{T_w^2}{2 \times t_r}$$

where  $T_w$  - working on the failure of one computer;  $t_r$  - recovery time.

At the present time  $t_r \approx 1$  hour,  $T_w = 1000$  hours, then we receive:

$$T = \frac{1000^2}{2 \times 1} = 500000 \text{ hours } (\approx 55 \text{ years}).$$

Such work on the failure  $T$  exceeds the required reliability, so if you neglect night shift repairs, then  $t_r=6$  hours, we receive:

$$T = \frac{1000^2}{2 \times 6} = 83333 \text{ hours } (\approx 9.5 \text{ years}).$$

We research PC units reliability. Using reliability characteristics of PC components [2], was calculated PC reliability measures. The results of calculations PC reliability measures received by lambda-method and probability-physical method with given operating time to failure  $t=1000$  hours are shown in Table 2.

Table 2. Results of PC reliability measures calculations

Reliability index	Exponential distribution	Diffusion distribution
Average operating time to failure $T_{av}$ , hours	2711	8189
Gamma-percentile operating time to failure $T_{\square}$ , hours	286	1953
Reliability function $P(t)$	0,7	0,99

Using the results of our calculations PC reliability we build the graph of PC reliability function  $P(t)$  based on exponential distribution by using lambda-method which is shown on Fig.2.

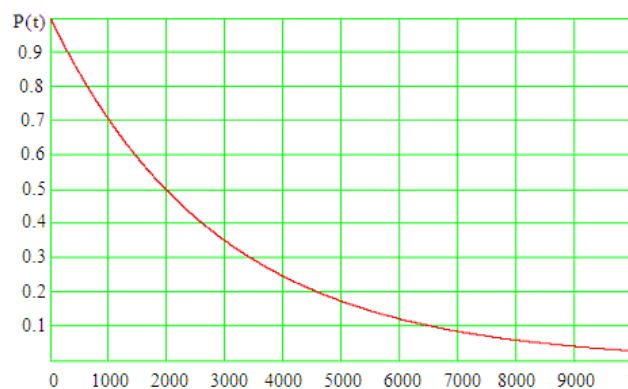


Figure 2. Graph of PC reliability function  $P(t)$

Conclusion: Calculated dependencies for determination of main characteristics of reliability of microprocessor systems show that reliability of system depends of its structure (structural logic scheme) and reliability of elements. That's why for complex systems there are two possible ways to increase reliability: increasing the reliability of elements and changing the structural scheme. Practical results, received in this investigation, can be used in computing systems development – either personal computer or special

computing complex, charged to solve specific problems, for example for production in mechanical engineering.

### References:

1. Dmitro Trushakov, Dmitro Moshna. Investigation of the Reliability of Computing Systems. // Journal of applied computer science. Vol. 20 No. 2 (2012), pp. 131-140.
2. Dmitro Trushakov, Serhiy Rendzinyak. Research of the reliability of personal computer "IBM PC" type. // Przegląd elektrotechniczny. – Vol.2013. – Nr4. – P.275-277.

УДК 691.3.07

## ДІАГНОСТУВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК В ПОБУТОВИХ ТА РІЧКОВИХ ВОДАХ

*Малько О. Г.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

***Анотація.** Багатьма дослідженнями встановлена висока ступінь кореляції між вмістом поверхнево активних речовин в навколишньому водному середовищі і наявністю в ній нафти і нафтопродуктів, інших органічних речовин. Таким чином, інформація про вміст у воді поверхнево активних речовин може також служити інтегральною оцінкою ступеня її чистоти стосовно органічних включень. Тобто виявлено взаємозв'язок між динамікою поверхневого натягу води і концентрацією органічних речовин у побутових та річкових водах.*

*Для вимірювання динамічного поверхневого натягу запропонований новий метод пульсуючого меніска. Перевагою вказаного методу є те, що газова бульбашка не відривається при досягненні максимального тиску при кожному вимірюванні, тобто процес адсорбції на поверхні розділу фаз є неперервним, що дозволяє проводити оперативне визначення динамічних характеристик за один цикл в автоматичному режимі.*

***Abstract.** Many studies have established a high degree of correlation between the content of surfactants in the surrounding aquatic environment and*



*the presence of oil and petroleum products and other organic substances in it. Thus, information on the content of water in surfactants can also serve as an integral assessment of the degree of purity of its organic compounds. That is, the relationship between the dynamics of the surface tension of water and the concentration of organic substances in domestic and river waters is discovered.*

*To measure the dynamic surface tension, a new method of pulsating meniscus is proposed. The advantage of this method is that the gas bubble does not tear off when the maximum pressure is reached at each measurement, that is, the process of adsorption on the phase separation surface is continuous, which allows for the operative determination of the dynamic characteristics for one cycle in the automatic mode.*

Вимір динамічного або рівноважного поверхневого натягу (міжфазна тензометрія), є дуже чутливим методом аналізу малих концентрацій поверхнево-активних речовин (ПАВ). Наприклад, багато поверхнево-активних речовин (неіонні або іонні у присутності неорганічних електролітів) при концентраціях на рівні 1 мг/л або меншій, значно (на декілька мН/м) знижують поверхневий натяг води [1]. Поверхнево-активні властивості мають багато органічних сполук: спирти, кислоти, аміни, гідроперекиси, кетони, ефіри, солі карбонових кислот (а також солі алкілсульфатів, алкіламінів, ефірів фосфорної кислоти та ін.), оксіетильовані похідні, синтетичні і природні високомолекулярні з'єднання, білки і ін. Доля ПАВ в загальному виробництві і споживанні органічних речовин приблизно постійна, тому не дивно, що численними дослідженнями встановлена висока міра кореляції між змістом ПАВ у водному доквілі і наявністю в ній нафти і нафтопродуктів, інших органічних речовин [2]. Таким чином, інформація про зміст у воді ПАВ може також служити інтегральною оцінкою міри її чистоти [3].

Одним з найбільш розповсюджених у фізико-хімічних дослідженнях є метод вимірювання динамічного поверхневого натягу на границі розділу фаз рідина-газ за максимальним тиском у газовій бульбашці. Це обумовлено можливістю відносно простої апаратної реалізації, та достатньо високою точністю вказаного методу. В основу методу покладено існування однозначної залежності між поверхневим натягом (ПН) та максимальним тиском у газовій бульбашці в процесі її утворення на торці капіляра.

Аналогом цього методу є метод пульсуючого меніска, теоретичне обґрунтування якого розкрито у даній роботі. Перевагою вказаного

методу є те, що газова бульбашка не відривається при досягненні максимального тиску при кожному вимірюванні, тобто процес адсорбції на поверхні розділу фаз є неперервним, що дозволяє проводити визначення динамічних характеристик за один цикл в автоматичному режимі.

Можлива реалізація запропонованого методу для визначення динамічного ПН полягає в наступному. Газ подається через капіляр, який занурено у досліджувану рідину, і в результаті на його нижньому торці утворюється бульбашка. Наступна подача газу призводить до зростання бульбашки і до досягнення максимального тиску в меніску. Після проходження стану максимального тиску, об'єм бульбашки різко зростає, а значення тиску падає. В подальшому здійснюється примусовий процес втягування газу із бульбашки та зменшення об'єму бульбашки до стану, який передував максимальному тиску. Зміна значень максимального тиску при кожній пульсації відповідає зміні ПН, що є результатом адсорбції ПАР за час між сусідніми максимумами тиску. Процес пульсації меніска повторюються до стабілізації значень максимального тиску, що відповідає досягненню врівноваженого ПН (досягнення рівноваги процесу масопереносу ПАР на поверхню розділу фаз).

Результати математичного моделювання процесу пульсації меніска представлені на рис. 1. На рис.1,а, наведено фрагмент цієї залежності з вираженим вигином і відповідна їй візуалізація положень об'єму бульбашки (рис.1, б).

При витискуванні газової фази об'єм меніска росте у напрямі 1–2. У точці 2 відбувається перехід 2–3, тобто стрибкоподібний ріст об'єму меніска. Наступна подача газової фази призводить до росту меніска у напрямі 3–4. Зворотній хід поршня від точки 4 йде у напрямі 4–3–5. У точці 5 відбувається різке зменшення об'єму меніска у напрямі 5–6. При подальшому збільшенні об'єму системи (втягування газу) процес йде у напрямі 6–1 [3]. При циклічному процесі витискування – втягування відбувається виражений ефект гістерезису. Причому амплітуда петлі залежить від первинного об'єму і поверхневого натягу.

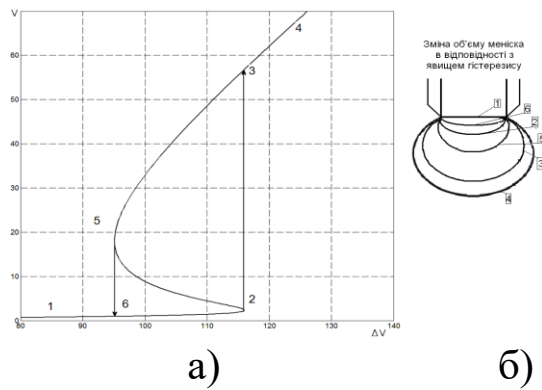
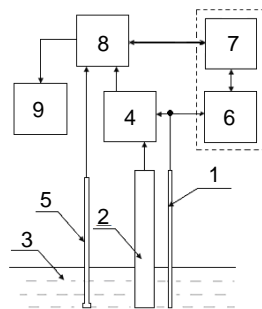


Рисунок 1 – Гістерезис зміни об'єму бульбашки від об'єму системи подачі повітря (а), шляхом витискування і втягування поршня і відповідний профіль бульбашки (б), (наростання об'єму 1–2–3–4, зменшення об'єму 4–3–5–6–1)

На основі теоретичного обґрунтування методу пульсуючого меніска, розроблено структурну схему приладу. Основні структурні одиниці розроблюваної конструкції приладу для визначення динамічного ПН та контролю концентрації ПАР у водних розчинах зображено на рис.2.



Рисинок 2 – Структурна схема приладу для вимірювання динамічного поверхневого натягу і контролю концентрації органічних включень у водних розчинах

Розроблений прилад містить такі блоки і вузли:

1 – вимірювальний капіляр з ножовим торцем, який занурюється у рідину 3 і сполучений із системою подачі повітря і одним із пліч диференціального давача тиску 4;

2 – гідростатичний компенсатор тиску з широким торцем, який занурюється в рідину 3 на однакову глибину з капіляром 1 і сполучений з плечем диференціального давача тиску 4, протилежним стосовно капіляра;

3 – досліджуваний розчин;

4 – диференційний давач тиску, який вимірює різниці тисків у капілярі 1 і гідростатичному компенсаторі тиску 2;

5 – термометр опору, який вимірює температури рідини 3 і служить для корекції результатів вимірювання ПН по температурі;

6 – вузол подачі повітря, який здійснює подачу повітря в капіляр 1 шляхом поступального переміщення плунжера у шприцевій системі;

7 – механізм переміщення плунжера вузла подачі повітря;

8 – блок обміну даними NI USB-6009, з'єднаний через USB порт з персональним комп'ютером 9 і призначений для обробки сигналів диференційного давача тиску 4, термометра опору 5 та керування процесом вимірювання (запуском та реверсом механізм переміщення плунжера 7);

9 – персональний комп'ютер, що здійснює обробку отриманих сигналів і керування процесом вимірювання.

Принцип роботи приладу згідно його структурної схеми полягає в тому, що через вимірювальний капіляр 1 з вузла подачі повітря 6 за допомогою руху плунжера, який приводиться в рух двигуном (механізм переміщення плунжера вузла подачі повітря 7), подається газ. У результаті на торці капіляру, що занурений у водний розчин 3, утворюється бульбашка. Подальше витискування газу через капіляр 1 призводить до зростання бульбашки, процес продовжується до досягнення значення максимально тиску в меніску, яке фіксується диференційним давачем тиску 4. Після проходження стану максимального тиску, об'єм бульбашки стрибкоподібно зростає (перехід 2–3), а значення тиску стрибкоподібно спадає без руйнування капілярної поверхні. Це є сигналом для переходу в режим всмоктування газу із бульбашки, шляхом реверсу руху двигуна і, відповідно, підняття плунжера. Площа поверхні розділу фаз при цьому зменшується, а тиск поступово збільшується до моменту стрибкоподібного зростання (перехід 5–6), що може бути сигналом до переходу в режим витискування бульбашки. Описані цикли вимірювання повторюється, доти, поки значення максимального тиску у меніску стає практично незмінним, що відповідає досягненню рівноважного ПН.

Гідростатичний компенсатор тиску 2 з'єднаний з диференційним давачем тиску 4 служить для компенсації тиску гідростатичного стовпа занурення у рідину 3, що дає можливість забезпечити незалежність результатів вимірювання від глибини занурення капіляра. Перед початком і після вимірювання слід використати вузол продування для очистки капіляра 1 від залишків рідини.

Керування роботою приладу проводиться за допомогою персонального комп'ютера 9. Передача отриманої інформації з

диференційного давача 4 на персональний комп'ютер 9 здійснюється за допомогою блоку обміну даними 8, який приєднується до персонального комп'ютера через USB порт.

### **Список використаної літератури:**

1. Fainerman V.B., Miller R., Aksenenko E.V., Makievski A. V. Equilibrium adsorption properties of surfactants at the solution-fluid interface // *Surfactants - Chemistry, Interfacial Properties and Application.* - Amsterdam: Elsevier, 2001. -P. 189 -286,

2. Михайлов В.И. Поверхностный микрослой мирового океана. - СПб.: Гидрометеоздат, 1992.- 225 с.

3. Файнерман В.Б., та ін.О контроле содержания органических соединений в питьевой и природной воде методом межфазной тензиометрии // *Вестник гигиены и эпидемиологии, Донецк, ДонДМУ, Том 10,№1,2006.* С. 181 – 185.

4. Кісіль І. С. Дослідження процесу зміни об'єму газового меніска при вимірюванні поверхневого натягу рідин методом максимального тиску у газовій бульбашці [Текст] / І. С. Кісіль, А. О. Малько // *Методи і прилади контролю якості.* – 2009. - №22. – С. 46-51.

УДК 681.516.75

## **ОРГАНІЗАЦІЯ УНІФІКОВАНОГО WEB-ДОСТУПУ ДО КЛІЄНТ-СЕРВЕРНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ**

*Николайчук М.Я., Школьный Р.М., Крицак С.В.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,  
e-mail: [ktsu@nung.edu.ua](mailto:ktsu@nung.edu.ua).*

***Анотація.** Організація WEB-орієнтованих клієнт-серверних систем управління технологічними об'єктами є основою сучасних інформаційних технологій в галузі систем управління. Однією із задач при побудові WEB-орієнтованих систем управління є організація термінального*

доступу до WEB-сервера системи з боку клієнтів, в тому числі з мобільних терміналів.

Розроблено WEB-орієнтовану клієнт-серверну систему управління насосною станцією на базі апаратно-програмних засобів Simatic S7 з функціями термінального доступу зі стаціонарних та мобільних терміналів. Особливістю розробки є розширення SCADA-системи WinCC програмним модулем WebUX, перевагами якого є підтримка всіх основних обчислювальних платформ (MS Windows, Android, Linux, iOS) і відповідних HTML5 сумісних Web-браузерів без необхідності встановлення клієнтського програмного забезпечення. Крім того, реалізовано функції захищеного доступу на основі SSL сертифікату для HTTPS комунікації.

Досліджено інформаційні процеси та уніфіковані процедури при генерації спеціалізованого WinCC\WebUX-сервера на основі розроблених технологічних схем в графічному редакторі SCADA-системи.

Результати роботи апробовані в лабораторних умовах та на функціонуючій системі диспетчерського керування насосною станцією.

**Abstract.** *The organization of WEB-oriented client-server control systems for technological objects is the basis of modern information technologies in the field of control systems. One of the tasks in building WEB-oriented control systems is the organization of terminal access to the WEB-server by clients, including from mobile terminals.*

*A WEB-oriented client-server control system for a pumping station was developed on the basis of Simatic S7 hardware and software tools with terminal access functions from fixed and mobile terminals.*

*A feature of the development is the extension of the SCADA-System WinCC software module WebUX, the advantages of which is the support of all major computing platforms (MS Windows, Android, Linux, iOS) and the corresponding HTML5 compatible Web browsers without it, the installation of client software. In addition, secure access functions based on SSL certificate for HTTPS communication are implemented.*

*Information processes and unified procedures for the generation of specialized WinCC \ WebUX server based on the developed technological schemes in the graphical editor of the SCADA system were investigated.*

*The result of the work was tested in laboratory tests and on the functional system of dispatch control of pumping stations.*

Організація WEB-орієнтованих клієнт-серверних систем управління технологічними об'єктами є основою сучасних інформаційних технологій в галузі систем управління. Однією із задач при побудові

WEB-орієнтованих систем управління є організація термінального доступу до WEB-сервера системи з боку клієнтів, в тому числі з мобільних терміналів.

Розроблено WEB-орієнтовану клієнт-серверну систему управління насосною станцією на базі апаратно-програмних засобів Simatic S7 з функціями термінального доступу зі стаціонарних та мобільних терміналів.

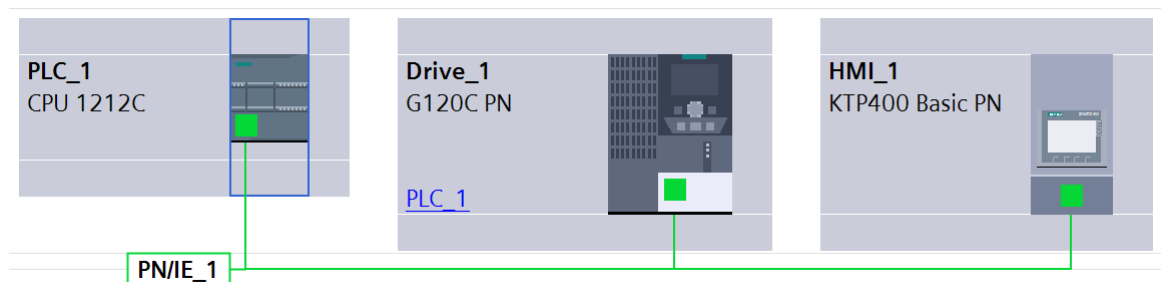
Особливістю розробки є інтеграція в SCADA WinCC технології WebUX, перевагами якої є підтримка всіх основних обчислювальних платформ (MS Windows, Android, Google, Linux, iOS та інш.) і відповідних HTML5-сумісних WEB-браузерів без необхідності встановлення клієнтського програмного забезпечення. Крім того реалізовано функції захищеного доступу на основі SSL сертифікату для захищеної HTTPS комунікації.

Досліджено інформаційні процеси та уніфіковані процедури при генерації спеціалізованого WinCC\WebUX-сервера на основі розроблених мнемосхем системи управління.

Організацію уніфікованого WEB-доступу виконано для автоматизованої системи частотного керування насосними агрегатами з функціями диспетчеризації, що експлуатується на КП «Івано-Франківськводокотехпром» з початку 2018 р. [1].

Функціональна схема автоматизованої системи частотного керування є WEB-орієнтованою клієнт-серверною системою на базі апаратно-програмних засобів Simatic S7 [2,3]. Функціональна схема частини системи, розміщеної безпосередньо на об'єкті управління розроблена в програмному середовищі TIA Portal V14 SP1 наведена на рис. 1.

Обмеженнями вищевказаної системи є необхідність встановлення клієнтського програмного забезпечення на термінальні пристрої і доступ до серверної частини тільки через MS Internet Explorer [4].



PLC\_1 CPU 1212C (Simatic S7 Programmable Logic Controller);  
Drive\_1 G120C PN – частотний перетворювач з комунікацією PROFINET;

НМІ\_1 КТР400 Basic PN – базова операторна панель з комунікацією PROFINET.

Рисунок 1 - Функціональна схема частини системи розміщеної безпосередньо на об'єкті управління

Для вирішення задачі розширення функціональних можливостей систем управління технологічними процесами шляхом організації уніфікованого WEB-доступу на базі HTML5-сумісних WEB-браузерів і без необхідності встановлення клієнтського програмного забезпечення – в SCADA WinCC інтегровано технологію WebUX [5].

Процедура інтеграції технології WebUX включає:

- конфігурування WinCC\WebUX в OS Windows (рис. 2);
- налаштування WEB-сервера в «IIS Configuration» OS Windows (рис. 2);
- створення SSL-сертифікату сервера для захищеної HTTPS комунікації;
- праметрування спеціалізованого WEB-сервера в диспетчері служб IIS OS Windows.

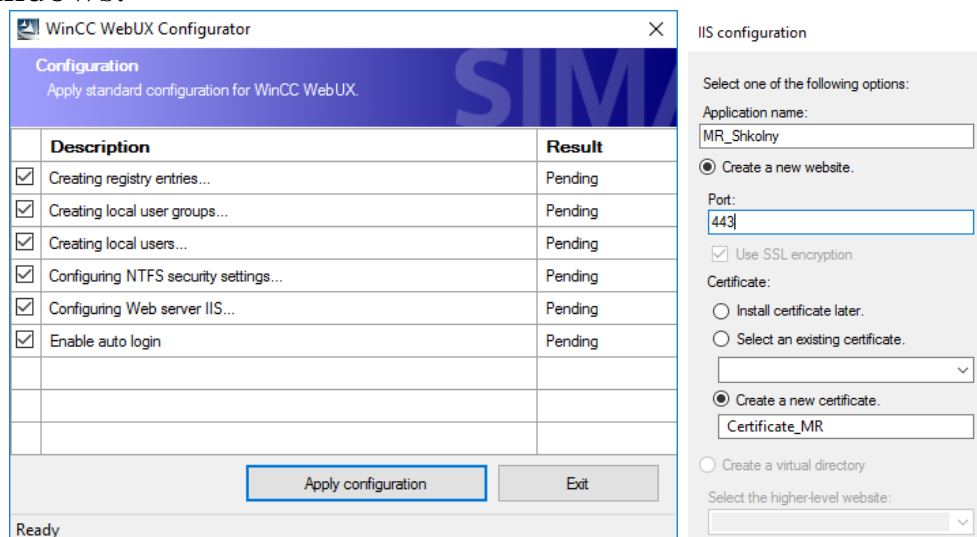


Рисунок 2 – Процес конфігурування WinCC\WebUX в OS Windows

Клієнтська частина WEB-орієнтованої системи управління включає розподілену мережу клієнтських робочих станцій або терміналів з можливістю завантаження даних процесу управління через поширені HTML5-сумісні Internet-браузери (MS Windows, Android, Google, Linux, iOS та інш.) з WEB-сервера з відповідними правами доступу.

На рис. 3 наведено результат тестування локального доступу до даних проекту системи управління через Google Chrome і технологію WebUX.



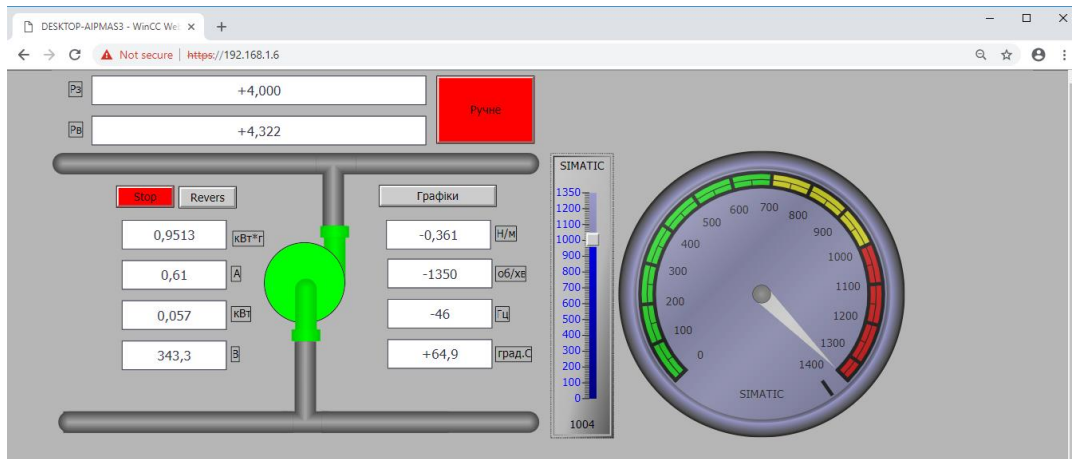


Рисунок 3 – Результат тестування локального доступу до даних проекту системи управління через Google Chrome і технологію WebUX

На рис. 4 наведено процес «Login» при доступі до проекту через Google Chrome на терміналі з OS Android на базі технології WebUX.

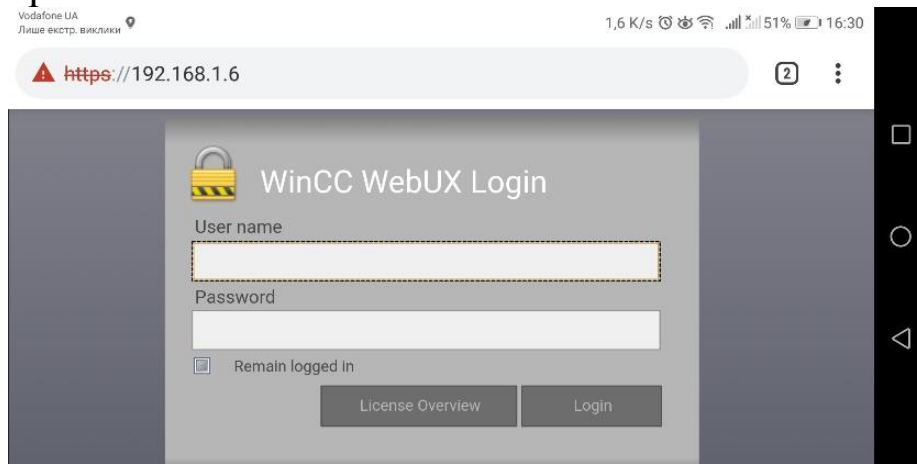


Рисунок 4 – Процес «Login» при доступі до проекту через Google Chrome на терміналі з OS Android на базі технології WebUX

На рис. 5 наведено результат доступу до проекту системи управління через Google Chrome на терміналі з OS Android на базі технології WebUX.



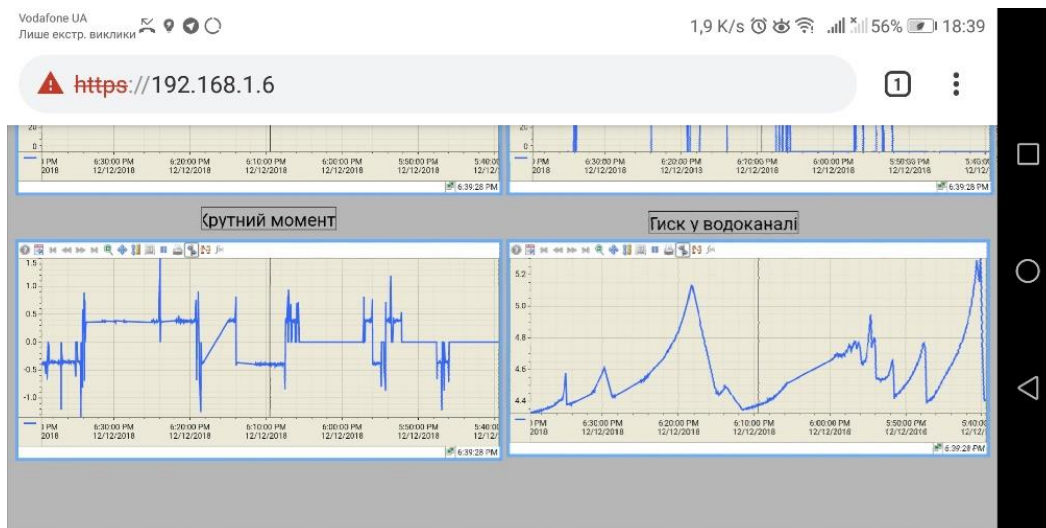


Рисунок 5 – Результат доступу до проекту системи управління через Google Chrome на терміналі з OS Android на базі технології WebUX

Таким чином, в результаті аналізу технологій і засобів WEB-доступу до компонентів клієнт-серверних систем управління технологічними об'єктами реалізовано уніфікований WEB-доступ на базі апаратно-програмних засобів Simatic S7 і технології WebUX, досліджено інформаційні процеси при реалізації проектних процедур.

Результати роботи апробовані в лабораторних умовах та на функціонуючій системі диспетчерського керування насосною станцією.

### Список використаної літератури:

1. Заміховський Л.М., Николайчук М.Я., Левицький І.Т. Автоматизована система частотного керування насосними агрегатами з функціями диспетчеризації. Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття. Щорічний каталог найвагоміших винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій. Довід. вид. Редакційна колегія: Б.І.Середюк, Ж.П.Табанець, Л.М.Шляхтич, Л.Б.Бабій – Івано-Франківськ, 2017. - С. 77-81.
2. SIMATIC S7. S7-1200 Programmable Controller. System Manual: Siemens (A5E02486680-AK). – V4.2, 09/2016. – 1614 p.
3. SINAMICS. Sinamics G120 converter. Operating Instructions: Siemens (A5E34263257B AG). – V4.2, Edition 04/2018, firmware 4.7 SP10. – 464 p.
4. Николайчук М.Я. Організація і дослідження елементів комунікаційного середовища WEB-орієнтованих систем управління розподіленими технологічними об'єктами // Методи та прилади контролю якості. 2014.- №2(33). - С. 133-138.

5. SIMATIC. WinCC Professional V14 SP1 - Options. System Manual: Siemens. – 03/2017. – 402 p.

УДК 622.691.4:519.718.2

## РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НАДІЙНОСТІ ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ САУ ГПА

*Заміховський Л.М., Зікратий С.В., Штаєр Л.О.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, email: [leozam@ukr.net](mailto:leozam@ukr.net), +38 (0342)72-71-70*

***Анотація.** В роботі розглядається питання побудови архітектури діагностичної інформаційно-аналітичної системи (ДІАС), призначеної для оцінки надійності і моніторингу технічного стану систем автоматичного управління (САУ) газоперекачувальних агрегатів (ГПА), зокрема, оцінки поточного стану регуляторів в каналах управління ГПА.*

*Розглядається математичне забезпечення ДІАС, що базується на розроблених методиках оцінки надійності та контролю технічного стану елементів систем автоматики ГПА.*

***Abstract.** The construction of the architecture of the diagnostic information-analytical system (ADIAS) is considered. The system is designed to assess the reliability and monitoring of the technical state of the automatic control systems of gas-pumping units (GPU), in particular, the assessment of the current state of the regulators in the channels of GPU control.*

*The mathematical basis of ADIAS, which includes the developed methods for assessing the reliability and control of the technical state of elements of automation systems of GPU, is considered.*

Удосконалення технічного обслуговування і ремонтів обладнання компресорних станцій (КС), зокрема газоперекачувальних агрегатів (ГПА) та систем автоматичного управління ними (САУ) – одне з найбільш нагальних завдань, від вирішення якого безпосередньо залежить стабільність і ефективність роботи всієї газотранспортної системи (ГТС).

Разом з тим, зношеність обладнання КС та значний термін його експлуатації (більше 30 років) призводить до великого обсягу робіт з технічного обслуговування і ремонтів. В даний час для технічного обслуговування обладнання КС застосовується система планово-попереджувальних ремонтів (ППР), яка не дозволяє в повній мірі використовувати закладений в обладнання ресурс.

Вирішенням цієї проблеми є перехід на обслуговування обладнання за фактичним технічним станом, що вимагає використання методів і засобів технічної діагностики, зокрема для ГПА та САУ. При цьому з'являється можливість не тільки контролювати стан обладнання, а й визначати реальні причини змін, що відбуваються в кожній конкретній ситуації, і на основі їх аналізу приймати цілком обґрунтовані рішення щодо їх подальшого усунення. Останнє вимагає обробки значного об'єму діагностичної інформації з використанням інформаційно-аналітичних систем (ІАС) [1,2,3].

Сьогодні інформація про технічний стан об'єктів ГТС передається з газотранспортних підприємств за запитами з корпоративної системи збору даних. При цьому на місцях часто відсутні бази даних, в яких повинна міститися інформація про технічний стан конкретних об'єктів ГТС. Ведення ІАС в диспетчерських службах ГТС, зокрема діагностичної інформаційно-аналітичної системи (ДІАС) дозволить закласти основу для контролю технічного стану і оцінки надійності САУ ГПА та вузлів ГПА (далі по тексту – об'єктів).

Розробка ДІАС направлена на вирішення наступних задач (рис. 1):

- організації інформаційного забезпечення у вигляді бази даних. Це збір, ведення, архівування і представлення як паспортної так і оперативної інформації по відмовах елементів систем управління та поточних значеннях діагностичних ознак;

- розрахунок показників надійності об'єктів;

- визначення інтегральних показників надійності об'єктів;

- розрахунок значень діагностичних ознак та оцінка залишкового ресурсу;

- розробка рекомендацій щодо подальшої ефективної експлуатації об'єктів (проведення обслуговувань, ремонтів і ін. ).

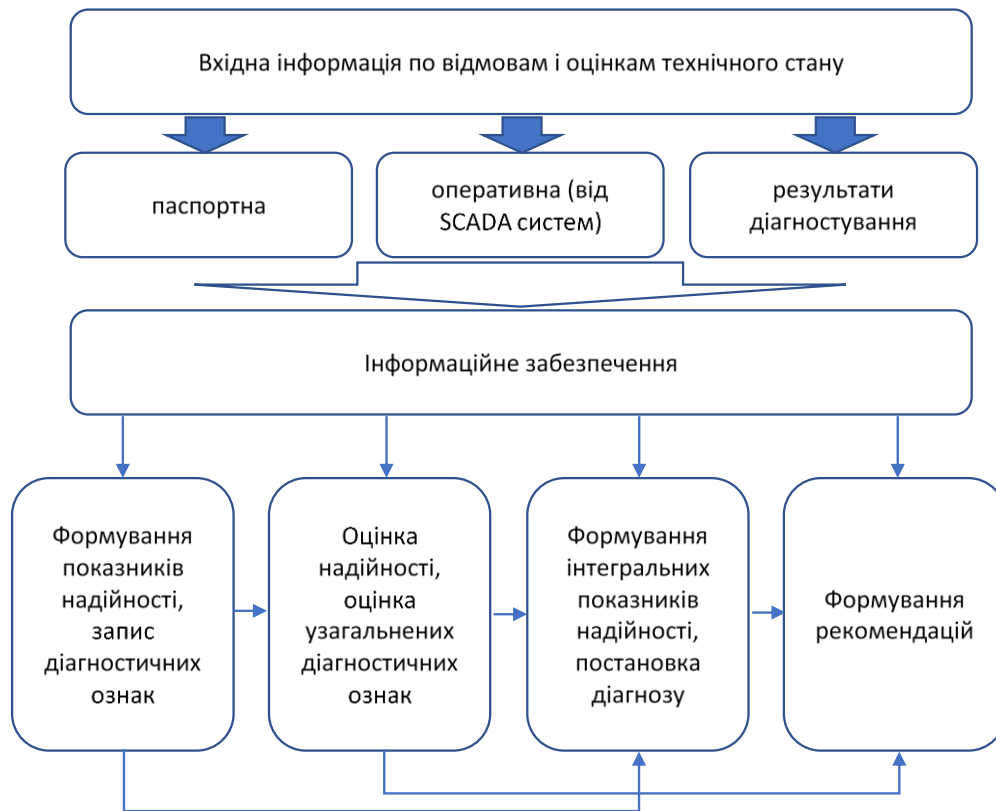


Рисунок 1 – Основні задачі ДІАС

**Архітектура ДІАС.** В даний час інформація про технічний стан об'єктів та їх елементів наявна у вигляді актів про їх відмови, що фіксують час і причини відмови та передаються на вищий щабель керування. Відповідно, на рівні КС відсутні бази даних, які б містили інформацію про технічний стан конкретних об'єктів та їх елементів. Запровадження ДІАС на рівні диспетчерських служб дозволить створити основу для контролю технічного стану і оцінки надійності об'єктів.

Для реалізації ДІАС пропонується застосовувати трирівневу архітектуру (клієнт – сервер додатків – сервер бази даних), яка може мати розподілену структуру, що складається з центрального сервера бази даних та сервера Matlab, ВЕБ-сервера для забезпечення віддаленого доступу до інформації і клієнтських робочих місць диспетчерів (АРМ) (рис. 2).

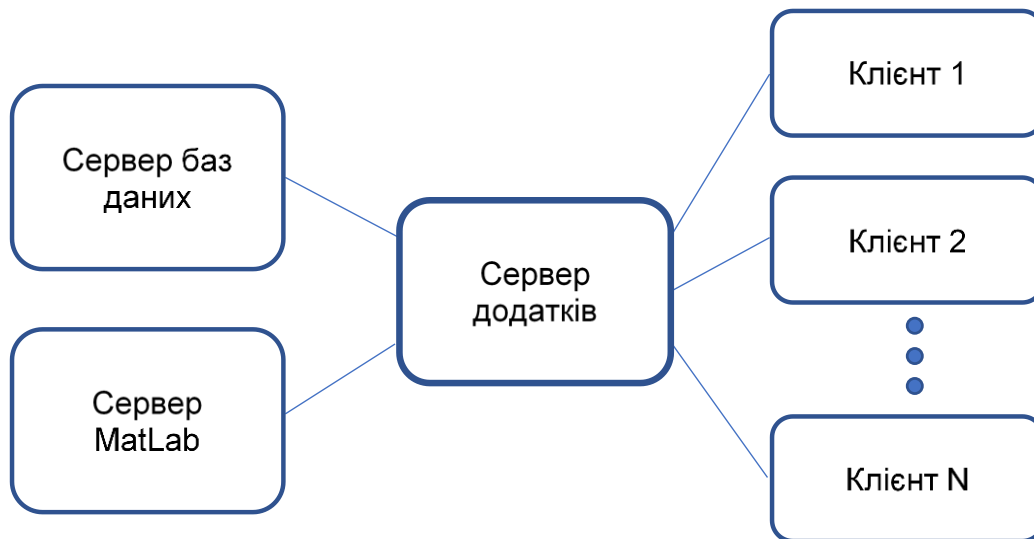


Рисунок 2 – Архітектура ДІАС

В другому випадку необхідна наявність двох серверів – сервера бази даних і сервера додатків. Сервер бази даних реалізує зберігання, представлення і накопичення інформації по базі даних об'єктів, значень діагностичних ознак, даних про відмови об'єктів і їх елементів та причини відмов.

Реалізація у вигляді сервера додатків, як окремого елемента ДІАС, необхідна для забезпечення роботи користувачів з базами даних технологічних параметрів. Для роботи з сервером додатків кінцевому користувачу достатньо мати лише браузер. Такий підхід дозволяє не регламентувати кількість робочих місць користувачів ДІАС.

**Математичне забезпечення ДІАС.** Ефективність впровадження в практику роботи диспетчерських служб ГТС пропонованої ДІАС залежить від того, наскільки раціональне її організаційно-інформаційне та математичне забезпечення. В основу математичного забезпечення ДІАС пропонується покласти розроблені авторами методики оцінки і моніторингу надійності та технічного стану об'єктів і їх елементів.

Як критерій настання граничного стану об'єкту будемо використовувати зниження середнього напрацювання між відмовами до мінімально допустимого рівня  $T_{\text{доп}}$ , який встановлюють виходячи з міркувань безпеки і економічності, за погодженням з замовником із рекомендованого ряду:  $0,75T_1$ ,  $0,5T_1$ ,  $0,33T_1$ ,  $0,25T_1$ , де  $T_1$  – значення середнього напрацювання до відмови. Мінімально допустимий рівень

середнього напрацювання між відмовами може бути прийнятий:  $T_{\text{доп}} \square T_{\text{ППР}}$  ( $T_{\text{ППР}}$  – період планово-попереджувального ремонту).

В якості теоретичної моделі приймемо  $DN$ -розподіл. Пропонована методика дозволяє прогнозувати залишковий термін служби в умовах малої статистики відмов, проте всі кількісні показники надійності мають оцінку достовірності і точності, які відповідають статистиці, одержаної за визначений інтервал спостережень.

При дослідженні, з метою оцінки технічного стану об'єктів з достатньо тривалою експлуатацією і визначенні терміну їх подальшої експлуатації, загальний термін спостережень розбивають на два приблизно рівних інтервали (не менше 1-3 роки), щоб спостерігалось не менше 5-10 відмов на кожному інтервалі. При малій кількості відмов значення коефіцієнта варіації напрацювання до відмов вибирають за рекомендаціями [4,5].

Для контролю технічного стану об'єкта пропонується застосувати метод ідентифікації коефіцієнтів функції передачі замкнутої динамічної системи шляхом впливу на неї тестового сигналу у вигляді одиничного стрибка (метод Сімою). Реєстрація відгуків системи виконується в інтервалі завершення перехідних процесів. З використанням зареєстрованих відгуків і відповідних обчислювальних алгоритмів проводиться ідентифікація, контроль і діагностика відмов об'єкта.

Ідентифікація є першим етапом процедури контролю, в результаті чого відбувається визначення виду функції передачі, встановлюється перелік контрольованих і діагностичних величин, а також їх поточні значення.

Другий етап контролю полягає в порівнянні поточних значень контрольованих параметрів функцій передачі замкнутої системи з їх номінальними значеннями і виявленні ознак появи відмов за гранично допустимими значеннями їх відносних відхилень.

При наявності ознак появи відмов параметрів функції передачі замкнутої системи вступає в силу процедура діагностування відмов. Для цього здійснюється перехід від функції передачі замкнутої системи до функції передачі розімкнутої системи і встановлення зв'язків між контрольованими параметрами функції передачі та параметрами об'єкта, що діагностується. У загальному випадку контрольовані коефіцієнти функції передачі замкнутої системи, які є діагностичними ознаками, виражаються через нелінійні рівняння, що ускладнює їх обчислення. На підставі застосування гіпотези про неможливість появи двох і більше одночасних відмов параметрів об'єкта в межах малого інтервалу часу ідентифікації, встановлюються ознаки появи відмов елементів об'єкта і від алгебраїчних виразів здійснюється перехід до логічних операцій

додавання. Далі складається таблиця станів об'єкта при відмовах з зазначенням його елемента, що відмовив, і логічна схема алгоритму діагностування. Після цього здійснюється поглиблене діагностування відмов до функціональних елементів конкретного об'єкта.

Математична основа контролю і діагностування САУ ГПА полягає в формуванні функції передачі замкнутої системи  $W_{33}(p)$  з одиничним зворотнім зв'язком через відомі функції передачі об'єкта регулювання  $W_0(p)$  і регулятора  $W_p(p)$ , які одержані на етапі проектування САУ:

$$W_{33}(p) = \frac{W_p(p)W_0(p)}{1 + W_p(p)W_0(p)} \quad (1)$$

Коефіцієнти функцій передачі  $W_{33}(p)$  виражаються через коефіцієнти функцій передачі  $W_p(p)$  і  $W_0(p)$ , відмову яких необхідно встановити за допомогою алгоритмів контролю і діагностування.

Виявлення відмов коефіцієнтів  $W_p(p)$  і  $W_0(p)$  базується на допусковому контролі параметрів системи, які визначають якість її роботи. З цією метою використовується нормована функція передачі  $W_{33}^*(p)$ , для якої існує таблиця розрахункових значень параметрів і відповідних їм перехідних процесів.

Оцінка якості САУ за видом кривої перехідного процесу проводиться за допомогою прямих показників якості: пере регулювання, допустимої кількості коливань і часу перехідного процесу. Після операції ідентифікації коефіцієнтів функції передачі проводиться їх порівняння з номінальними значеннями. З умови тотожної рівності функцій передачі встановлюється співвідношення між ідентифікованими коефіцієнтами і параметрами об'єкта, а також параметрами стандартної нормованої функції передачі. Використовуючи встановлені залежності між коефіцієнтами функцій передачі обчислюються номінальні значення і допуски на відмову коефіцієнтів  $b_i$  і  $a_i$  функції передачі  $W_{33}(p)$ .

Комбінаційний метод контролю і діагностування об'єктів - САУ ГПА, вузлів ГПА та регуляторів в колі управління ГПА, заснований на використанні загального алгоритму ідентифікації в просторі змінних, якими є коефіцієнти функцій передачі.

Загальний алгоритм ідентифікації передбачає визначення коефіцієнтів спочатку полінома знаменника, а потім полінома чисельника функції передачі і отримання поточної сукупної інформації про контрольовані коефіцієнти.



**Висновки.** Визначено перелік задач, що покладені на діагностичну інформаційно-аналітичну систему та розроблено її архітектуру, яка дозволяє провести оцінки надійності та моніторингу технічного стану САУ ГПА.

Розроблено математичне забезпечення ДІАС, що містить моделі оцінки надійності і прогнозування показників надійності, моделі оцінки параметрів регуляторів на основі їх ідентифікації за методом Сімою.

### **Список використаної літератури:**

1. Недашківський О. М. Планування та проектування інформаційних систем / О. М. Недашківський. – Київ, 2014. – 215 с.

2. Опыт разработки информационной системы управления диагностической информацией для компрессорных станций [Електронний ресурс] // Journal «Control Engineering Россия». – Режим доступу: <https://www.controlengrussia.com/proekty-i-vnedrenija/opyt-razrabotki-informacionnoi-sistemy-upravlenija-di/>

3. Кац Б. А. Взаимодействие информационной системы ТОиР с другими АСУ предприятия / Б. А. Кац // Автоматизация в промышленности. – №8, 2012. – 43-46 с.

4. ГОСТ 27.005-97. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. – Введений 01.01.99. – 43 с.

5. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. – Введений 01.01.96. – 122 с.

УДК 681.518.22: 621.438-52

## **РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПЕРЕДПОМПАЖНИХ СИТУАЦІЙ НА ГПА**

*Заміховський Л. М., Татарин Т. М., Іванюк Н. І.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [leozam@ukr.net](mailto:leozam@ukr.net), +38 (0342)72-71-70*

**Анотація.** В роботі розглядається питання підвищення надійності антипомпажного захисту ГПА-Ц-16С шляхом використання

вдосконаленої, на базі апаратно-програмних засобів фірми Siemens, системи його діагностування.

Аналізуються інформативні технологічні параметри роботи ГПА, зміна яких може характеризувати появу помпажу, наводиться опис вдосконаленої системи діагностування ГПА та розглядається процедура її використання в режимі антипомпажного захисту нагнітача ГПА-Ц-16С

Розглядається програмне забезпечення системи діагностування, яке розроблено у середовищі «TIA Portal V14 SP1», а також процедура прогнозування передпомпажних ситуацій на основі використання інтерполяційного поліному Лагранжа, який є зручним для програмування мовою високого рівня SCL.

**Abstract.** The paper deals with the issue of improving the reliability of the anti-surge protection of the GPU-Ts-16S by using the diagnostics system developed by Siemens based on the hardware and software of Siemens.

The informative technological parameters of HPA operation are analyzed, the change of which can characterize the appearance of surge, a description of the improved HPA diagnostic system is given, and the procedure for its use in the anti-surge protection mode of the GPA-Ts-16S supercharger is considered

The software of the diagnostic system, which is developed in the TIA Portal V14 SP1 environment, is considered, as well as the procedure for predicting drive situations based on the use of the Lagrange interpolation polynomial, which is convenient for programming in the high-level language SCL.

Основною складовою газотранспортної системи (ГТС) України є компресорні станції (КС), що оснащені значною кількістю газоперекачувальних агрегатів (ГПА), які відрізняються типом приводу, його потужності та типом відцентрового нагнітача.

На режим експлуатації ГПА впливають такі фактори, як зміна споживання газу (добова, сезонна), склад газу, умови навколишнього середовища, технічний стан ГПА та його зміна в процесі експлуатації, а також нестійка робота осьового компресора і відцентрового нагнітача, що призводить до виникнення помпажних коливань. Тому забезпечення ефективної і надійності роботи ГПА, зокрема його захисту від помпажу, є актуальною проблемою.

Сьогодні існує два підходи до вирішення задачі захисту ГПА від помпажу - за витратно-напірними характеристиками відцентрових нагнітачів (класичний) та за коливаннями потоку газу у проточній частині компресора. Як показує практика, розроблені на їх базі методи і

технічні засоби [1-5 і ін.] не забезпечують потрібної швидкодії і надійного захисту від помпажу, що вимагає подальшої розробки таких систем з залученням додаткових поточних інформативних показників роботи ГПА та сучасних апаратно-програмних засобів.

Метою роботи є обґрунтування можливості використання вдосконаленої, на базі апаратно-програмних засобів фірми Siemens, системи діагностування технічного стану ГПА-Ц-16С в режимі прогнозування моменту виникнення помпажу його нагнітача.

Для вирішення поставленої мети необхідно обґрунтувати вибір інформативних (технологічних та вібраційних) параметрів роботи ГПА зміна яких характеризує появу помпажу нагнітача, розробити алгоритм його прогнозування та провести програмну реалізацію алгоритму на базі вдосконаленої системи діагностування ГПА-Ц-16С

Проаналізуємо режими послідовної роботи КС, які представлені у вигляді трендів технологічних параметрів (рис.1) при виникненні помпажу на КС-3 Долинського ЛВУМГ УМГ «Прикарпаттрансгаз» (помпаж ГПА-Ц-16С №3) [6].

Аналіз вібраційних параметрів роботи ГПА (рівень вібропереміщення в горизонтальній та вертикальній площинах) показує, що перед появою помпажних коливань в нагнітачі зростає рівень вібрації вала нагнітача на його задній опорі (вібропереміщення в горизонтальній площині) та осьовий зсув нагнітача ГПА-Ц-16С, а інші показники залишаються в нормі (рис.1). При цьому також варто зазначити, що незмінним залишається рівень вібрації вала на передній опорі нагнітача.

Проведений також аналіз технологічних параметрів роботи ГПА показав, що разом з вібраційними параметрами, в якості інформативних при прогнозуванні виникнення помпажних коливань можна використати:



Рисунок 1 – Тренд технологічних параметрів роботи ГПА-Ц-16С при помпажній ситуації на КС-3 Долинського ЛВУМГ

- перепад тиску на конфузори – діапазон вимірювання від 0 до 1 кгС/см<sup>2</sup>, робоча точка «оптимальна» - 0.2 кгс/см<sup>2</sup>, істотна зміна в межах 10-15%;

- оберти турбіни нагнітача – діапазон вимірювання від 0 до 5200 об/хв, робоча точка «оптимальна» - 5000 об/хв, істотна зміна в межах 10 - 15%;

- осьовий зсув нагнітача – діапазон вимірювання від -500 мкм до +500 мкм, загалом 1 мм, робоча точка «ідеальна» - 0 мм, істотна зміна в межах 10%;

- вібропереміщення вала в зоні задньої опори нагнітача (в горизонтальній та вертикальній площинах) – діапазон вимірювання від 0 до 80 мкм, робоча точка «ідеальна» - 40 мкм, істотна зміна в межах 10%.

Під поняттям «ідеальної» точки для вібраційних параметрів розуміємо їх значення, яке можна отримати при роботі ГПА з відмінним технічним станом (відсутність дефектів), а для технологічних параметрів – їх значення, що мають місце при максимальній продуктивності ГПА.

Для прогнозування зміни розглянутих вище параметрів з метою попередження виникнення помпажних коливань використаємо інтерполяційний многочлен Лагранжа першого порядку, оскільки поліноми Лагранжа зручно застосовувати для інтерполяції, а також

чисельного інтегрування [7]. Екстраполяційна модель, що використовує поліноми Лагранжа, має вигляд:

$$F(t) = \sum_{i=0}^n \xi_i \varphi_i(t) = \xi_0 \varphi_0(t) + \xi_1 \varphi_1(t) + \dots + \xi_n \varphi_n(t),$$

де

$$\begin{aligned} \varphi_i(t) &= \frac{(t-t_0)(t-t_1) \dots (t-t_{i-1})(t-t_{i+1}) \dots (t-t_n)}{(t_i-t_0)(t_i-t_1) \dots (t_i-t_{i-1})(t_i-t_{i+1}) \dots (t_i-t_n)} \equiv \\ &\equiv \prod_{j=0, j \neq i}^n \frac{(t-t_j)}{(t_i-t_j)} \end{aligned}$$

$i = 0, n$ ,  $\xi_i$  – значення  $\xi(t)$ , в момент часу  $t_i$ ,  $t_i \in T_1$ .

В розгорнутому вигляді екстраполяційну модель записують наступним чином:

$$\begin{aligned} F(t) &= \frac{(t-t_1)(t-t_2) \dots (t-t_n)}{(t_0-t_1)(t_0-t_2) \dots (t_0-t_n)} \xi(t_0) + \\ &+ \frac{(t-t_0)(t-t_2) \dots (t-t_n)}{(t_1-t_0)(t_1-t_2) \dots (t_1-t_n)} \xi(t_1) + \\ &+ \frac{(t-t_0)(t-t_1) \dots (t-t_{n-1})}{(t_n-t_0)(t_n-t_1) \dots (t_n-t_{n-1})} \xi(t_n). \end{aligned}$$

Спосіб обчислення многочленів, що був запропонований Лагранжом, є зручним для реалізації за допомогою мов програмування високого рівня, зокрема для мови програмування SCL. SCL (Structured Control Language) – високорівнева, Pascal-орієнтована мова програмування, яка, поряд із LAD та FBD, є однією із мов, що призначена для створення програм для ПЛК фірми Siemens.

Для прогнозування появи помпажних коливань та антипомпажного захисту ГПА на основі розглянутого вище підходу може бути використана система діагностування ГПА [8], яку потрібно вдосконалити. Базове апаратне забезпечення системи складається з наступних компонентів: ПЛК Siemens S7-1200 з CPU 1212C AC/DC/Rly і вібраційного модуля моніторингу стану CMS SIPLUS SM 1281 в склад якого входить комплект (4 шт.) акселерометрів (промисловий стандарт для акселерометрів IEPЕ – Integrated Electronics Piezo-Electric), що є новітньою розробкою концерну Siemens. Вдосконалення системи полягає в додатковій її комплектації аналоговим модулем вводу для підключення датчиків з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА (для вимірювання таких параметрів, як перепад тиску на конфузори та оберти турбіни нагнітача) і робочою станцією з встановленою на ній системою TIA Portal та іншим програмним забезпеченням (рис. 2). Для візуалізації технологічного процесу та оперативного управління може бути

використана HMI панель компанії Siemens, для прикладу - Simatic HMI Comfort Panel.

При відсутності можливості придбання HMI-панелі, можна скористатися вбудованим Web-сервером, який є як у контролері Simatic S7-1200, а також і в самому модулі SM 1281. Web-сервер дозволяє створити свої власні Web-сторінки та прив'язати змінні до тегів проекту. Для створення сторінки використовуються звичні веб-технології: HTML, Javascript та AJAX.

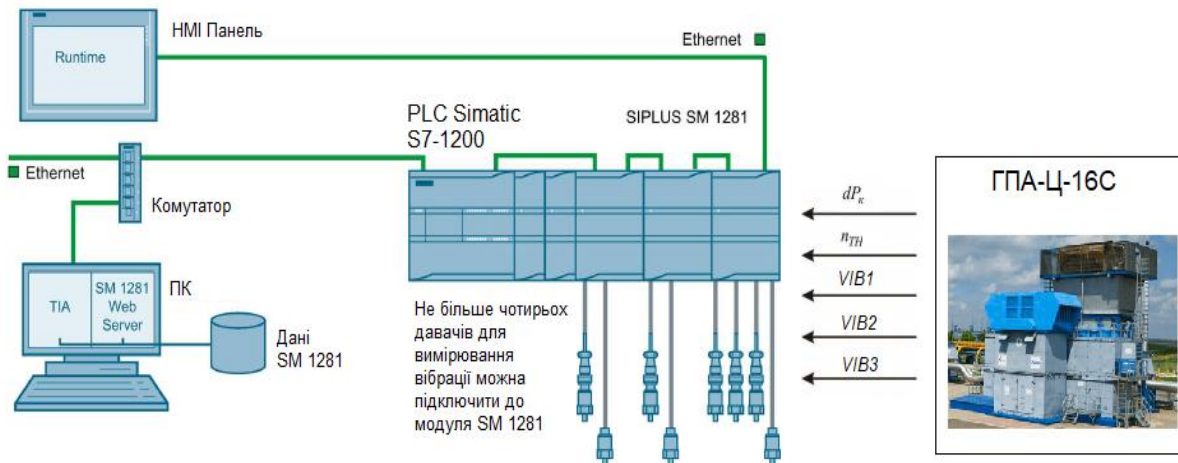


Рисунок 2 – Структурна схема системи антипомпажного захисту ГПА-Ц-16С на базі системи його діагностування

Доступ до Web-сервера може здійснюватися на значних відстанях, використовуючи пристрої мобільного зв'язку, такі як планшети, комп'ютери, смартфони, а також стандартні браузеры для перегляду Web-сторінок, які є встановлені на кожному пристрої – Mozilla Firefox, Internet Explorer 10/11 та ін.

З врахуванням структурної схеми системи було розроблено її програмне забезпечення в середовищі TIA Portal [9]. Структура проекту в середовищі TIA Portal V14 (Totally Integration Automation) виглядає наступним чином (рис. 3).

Серед важливих блоків, що підключаються у проект у якості зовнішньої бібліотеки для модуля SM1281, можна виділити «SM1281\_Channel» [FC12811], «SM1281\_Module» [FB12810], «SM1281\_Status» [DB12812] [10].

Параметрування вібраційного модуля SM1281 здійснюється за допомогою спеціального блоку SM1281\_Module [FB12810]. Процедура параметрування програмних блоків модуля SM1281 стосовно вимірювання параметрів вібрації SM1281 для побудови системи

діагностування газоперекачувальних агрегатів на базі програмованого логічного контролера Simatic S7-1200 та середовища проектування TIA Portal V13SP1 «Siemens» описана в [11].

Налаштування блоку «SM1281\_Module» показані на рис. 4.

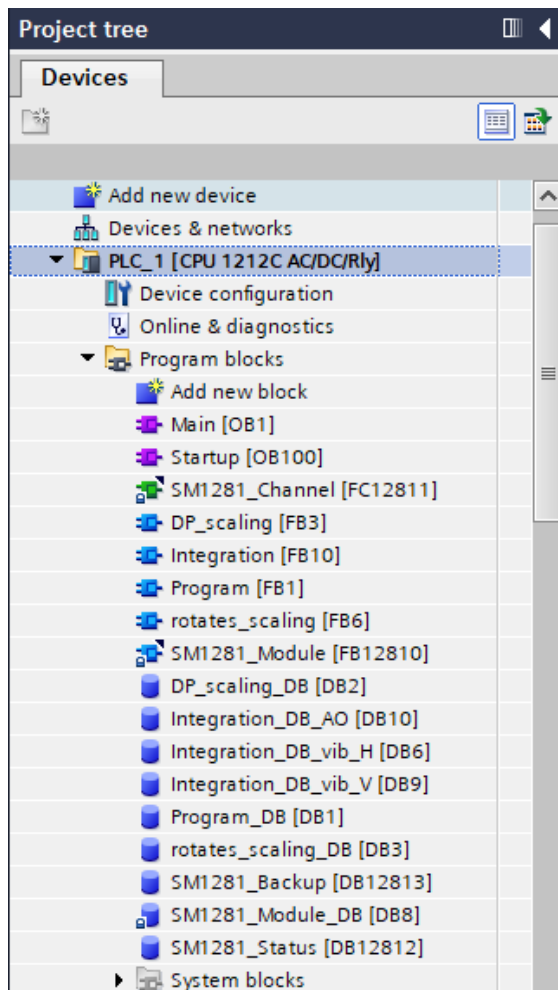


Рисунок 3 – Структура проекту в середовищі TIA Portal V1

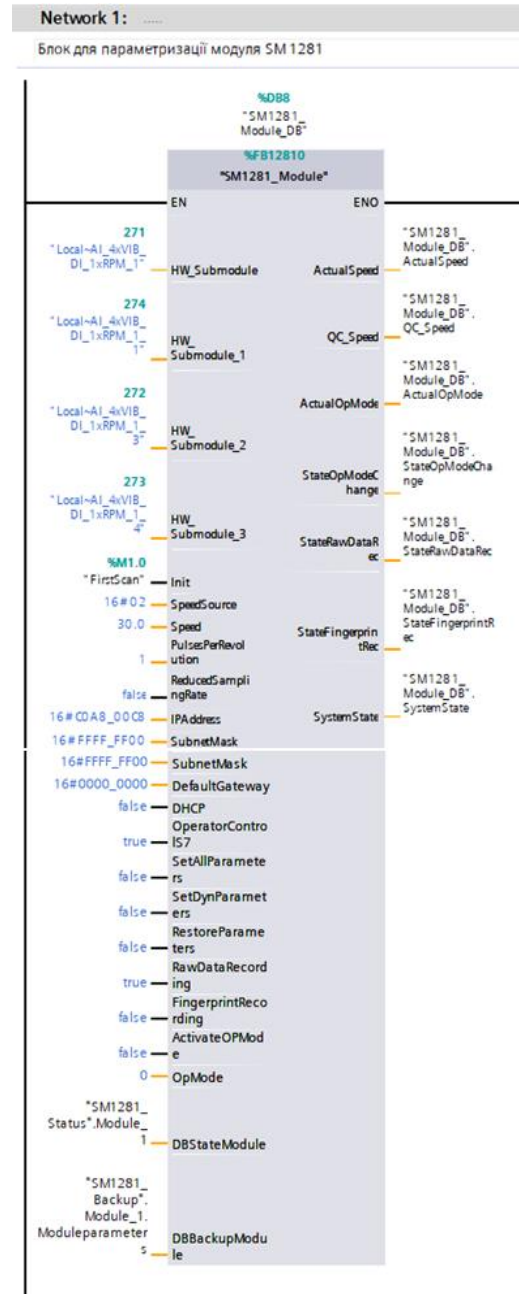


Рисунок 4 - Параметри блоку «SM1281\_Module»

Наступним етапом є параметрування функціонального блоку «SM1281\_Channel». Він використовується для налаштування параметрів каналу вимірювання вібрації (каналів є 4). Приклад налаштування даного блоку наведений на рис. 5.

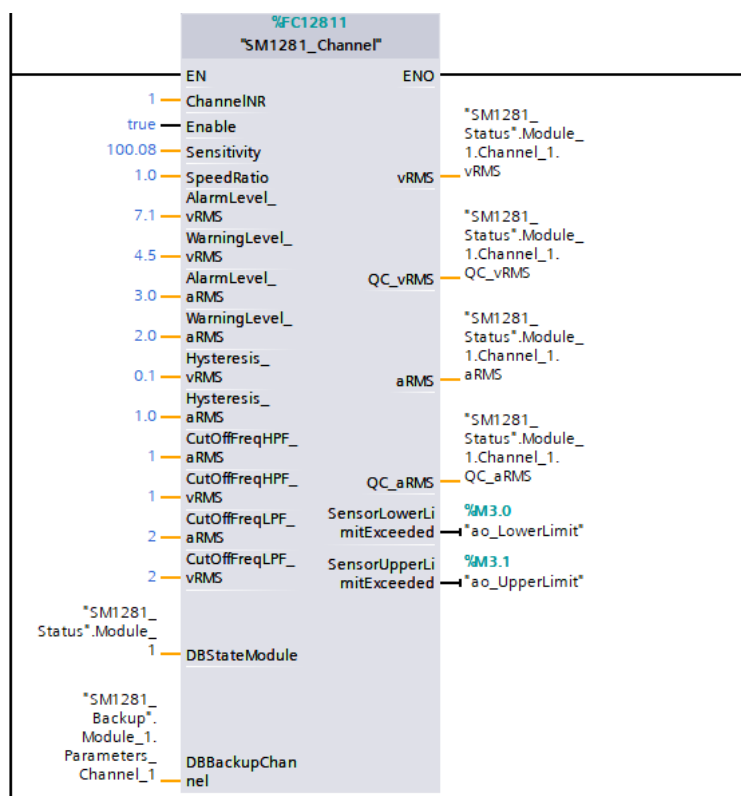


Рисунок 5 - Параметри блоку «SM1281\_Channel»

Отже, для продовження роботи з модулем SM 1281 необхідно внести необхідні параметри у розглянуті функціональні блоки. Сконфігурований блок «SM1281\_Channel» видає вимірне середньоквадратичне значення віброприскорення, тому для визначення вібропереміщення отриманий сигнал необхідно проінтегрувати.

Слід зазначити, що модуль SM 1281 може знаходитися у кількох режимах роботи, тому для увімкнення режиму вимірювання розглянутих вище параметрів необхідно явно задати число «3» у параметрі «OpMode» блоку «SM1281\_Module».

Для циклічного записування вимірних даних у масив через рівні проміжки часу був створений лічильник, частоту інкрементування якого можна встановити вручну. Для цього використовуються вбудовані частоти контролера S7-1200, що знаходяться в спеціальному регістрі пам'яті «Clock Memory» (тактовий регістр). Тепер у програмі доступні спеціальні біти, що будуть встановлюватися і скидатися із вказаною частотою (1 Гц – «Clock\_1Hz», 2 Гц – «Clock\_2Hz», 2.5 Гц – «Clock\_2.5Hz» і т. д).

Отримавши початкові значення інформативних параметрів необхідно реалізувати екстраполяційну модель для визначення їх поточних значень на майбутні моменти часу, а також перевірити похибку прогнозування і,



якщо вона знаходиться у визначених допустимих межах – здійснити прогнозування згідно створеної моделі.

Для цього розглянемо інші функціональні блоки проекту. Перш за все, це блок із реалізацією алгоритму для обчислення прогнозованих значень показників роботи ГПА – Program [FB1].

Цей функціональний блок циклічно викликається у головному організаційному блоці проекту Main [OB1] (рис. 6).

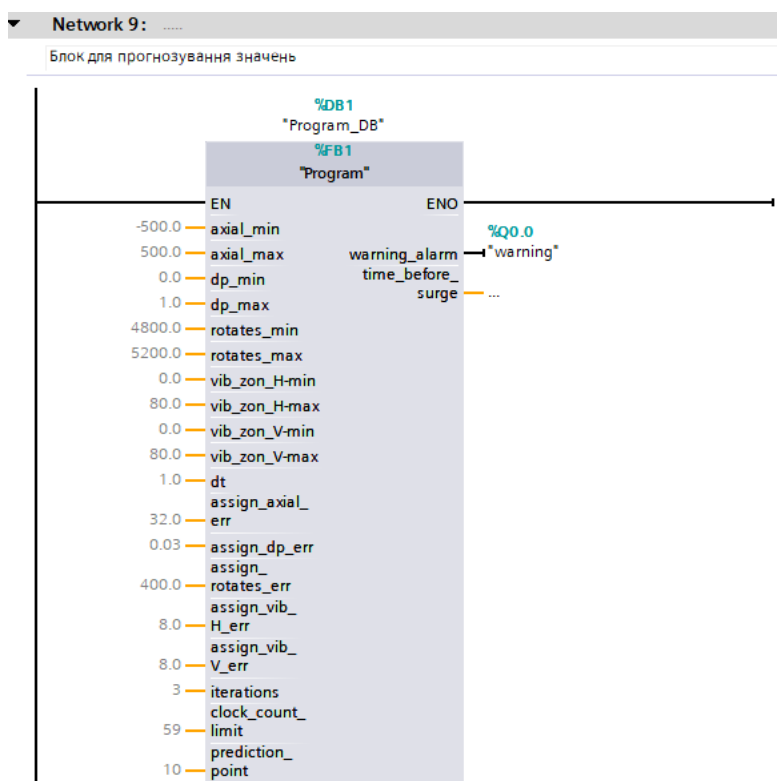


Рисунок 6 – Блок для виконання прогнозування

Він дозволяє задати значення  $\Delta t$ , тобто вказати через які проміжки часу необхідно здійснювати збереження даних для подальшої їх екстраполяції. Крім того, можна задати допустимі значення інформаційних параметрів - осьового зсуву, перепаду тиску на конфузори нагнітача, обертів турбіни нагнітача, вібропереміщення задньої опори нагнітача (в горизонтальній та вертикальній площинах), а також присвоїти допустиме значення абсолютної похибки для кожного із вимірювальних параметрів.

Для збереження вимірянних значень інформаційних параметрів у масив використовується лічильник, який інкрементується із обраною частотою, в даному випадку 2 Гц, (рис. 8), знаходить середнє значення параметра на заданому часовому проміжку (рис. 9), та досягнувши наперед заданого значення здійснюється запис параметра із давача у масив (рис. 10). Далі

збільшується поточний індекс для масиву даних, та розпочинається відлік з нуля для повторення описаної вище процедури.

Внаслідок таких дій забезпечується однаковий проміжок часу між збереженими вимірними значеннями, оскільки вимірювання параметрів прогнозування повинне здійснюватися дискретно в моменти часу  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_n$ , (рис. 11).

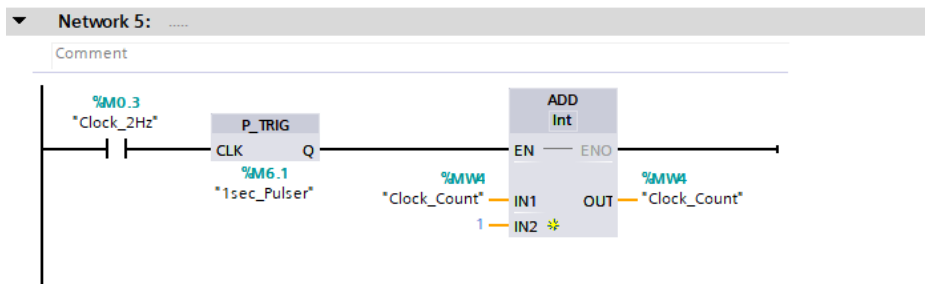


Рисунок 7 – Лічильник, що інкрементується з частотою 2 Гц

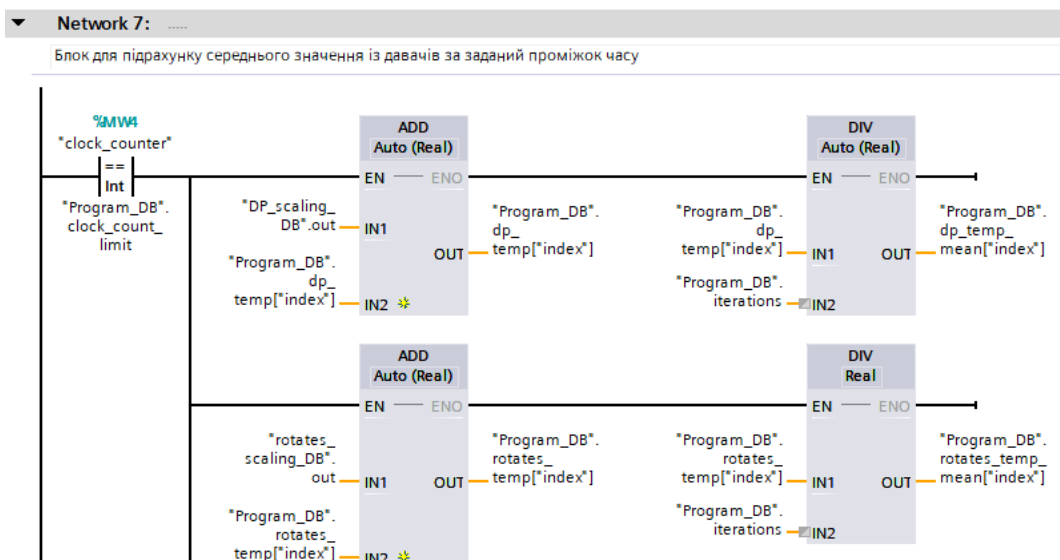


Рисунок 8 – Знаходження середнього значення вимірних даних

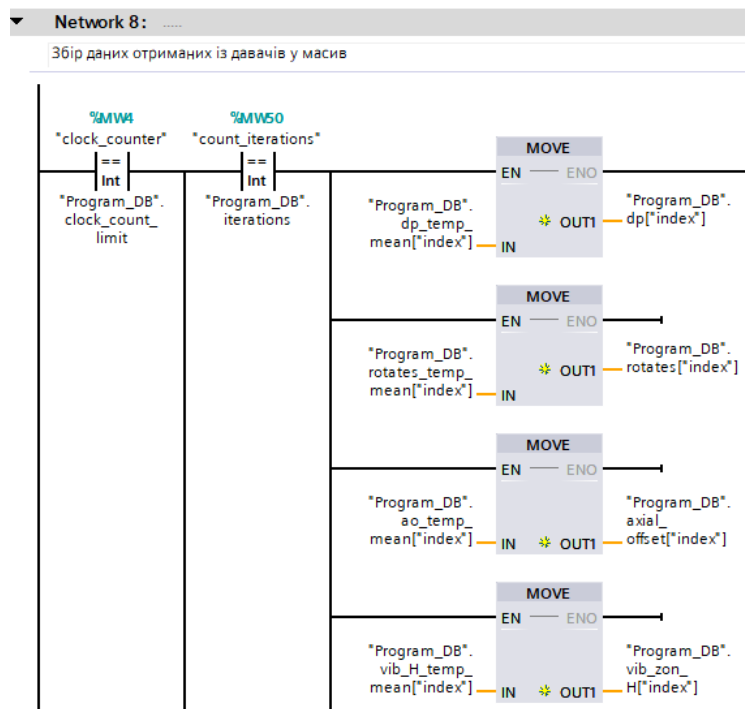


Рисунок 9 – Збереження виміряних значень інформаційних параметрів

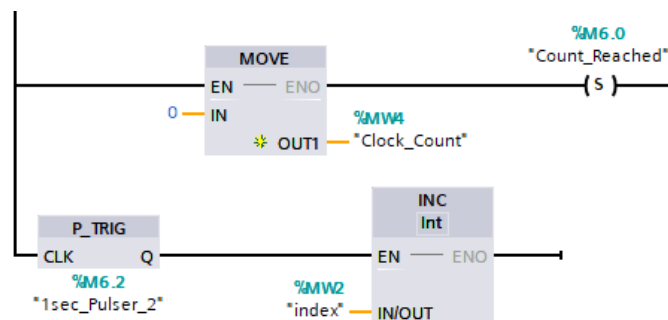


Рисунок 10 – Скидання лічильника після збереження даних

Таким чином, розглянута процедура прогнозування зміни інформативних параметрів ГПА через проміжок часу, рівний заданій кількості ітерацій, що помножена на  $\Delta t$  - час, протягом якого здійснюється прогнозування і який можна корегувати в залежності від поставленої задачі. Якщо в результаті прогнозування значення інформативних параметрів виходять за встановлені межі допуску, а похибка прогнозування не перевищує 10-15%, генерується сигнал про виникнення помпажної ситуації на ГПА-Ц-16С, який використовується для подальшого відкриття антипомпажного клапану, що дозволить уникнути помпажу. В іншому випадку робиться висновок про штатну роботу нагнітача. При цьому збережені раніше значення інформативних

параметрів скидаються, а процес прогнозування розпочинається знову уже на наступні моменти часу.

Була розроблена також процедура візуалізації розглянутого вище процесу з використанням НМІ панелі від фірми Siemens TP900 Comfort з TFT-дисплеєм розміром 9 дюймів.

Результати промислової апробації на ГПА-Ц-16С КС-3 Долинського ЛВУМГ розробленого алгоритму прогнозування моменту виникнення помпажу нагнітача, реалізованого розробленим прикладним програмним забезпеченням вдосконаленої системи діагностування, будуть розглянуті в наступній статті.

**Висновки.** Розглянута структура системи діагностування технічного стану ГПА, побудованої на базі апаратно-програмних засобів фірми Siemens (ПЛК Siemens Simatic S7-1200 та модуля SM 1281 з комплектом вібродавачів), яка додатково комплектується аналоговим модулем вводу для підключення давачів з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА і робочою станцією з встановленою на ній системою ТІА Portal та іншим програмним забезпеченням, що дозволяє використовувати її в режимі антипомпажного захисту ГПА-Ц-16С.

Обґрунтовано вибір технологічних та вібраційних параметрів роботи ГПА, які можуть бути використані в якості інформативних при прогнозуванні виникнення явища помпажу нагнітача та встановлені межі їх зміни.

Розроблено прикладне програмне забезпечення системи у середовищі ТІА Portal, використання якого дозволяє реалізувати алгоритм прогнозування зміни інформативних параметрів на базі інтерполяційного поліному Лагранжа.

З використанням вдосконаленої системи діагностування технічного стану ГПА-Ц-16С та розробленого її прикладного програмного забезпечення розглянута процедура прогнозування моменту виникнення помпажу нагнітача.

### **Список використаної літератури:**

1. Технологічні вимоги до систем антипомпажного регулювання відцентрових нагнітачів газоперекачувальних агрегатів - Київ: ДК «Укртрансгаз», 1999. - 9 с.

2. Патент 89302 Україна, №а200807810. Спосіб захисту компресора від помпажу /М.В.Беккер, М.Я.Шимко, Г.Н.Семенцов Ю.Є.Бляут,

С.Г.Гіренко, М.О.Петеш, О.В.Сукач, А.Ф.Репета // заявл. 09.06.2008, опубл. 25.11.2009, бюл. №22, 10 с.

3. Гіренко С.Г. Аналіз способів та систем автоматизації антипомпажного захисту та регулювання роботи газоперекачувальних агрегатів / С.Г. Гіренко// Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки.-2007.-№6.-С.25-28.

4. Бляут Ю. Є. Автоматична ідентифікація помпажних характеристик газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом для ефективного антипомпажного регулювання [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец.: 05.13.07 / Ю. Є. Бляут// Автоматизація процесів керування – Івано-Франківськ, 2013. – 20 с

5. Лагойда А.І. Антипомпажне керування газоперекачувальним агрегатом із застосуванням методів нечіткої логіки [Автореферат] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Лагойда Андрій Іванович ; М-во освіти і науки України, Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2017. 20с.

6. Заміховський Л.М. Забезпечення надійності роботи систем антипомпажного захисту двох компресорних станцій при їх послідовній роботі [Текст] / Л.М. Заміховський, Н.І. Іванюк, В.М. Гуріненко // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018). XIV Міжнародна конференція. Тези доповідей. Вінниця, 15-17 жовтня 2018 року. – Вінниця: ВНТУ. –2018. – С. 165.

7. Заміховський Л. М. Основи теорії надійності і технічної діагностики систем: Навч. посібник / Л. М. Заміховський, В. П. Калявін, - Івано-Франківськ: Вид-во «Полум'я», 2004. – 360 с.

8. Заміховський Л.М. Система діагностування лопатевого апарату газоперекачувальних агрегатів [Текст] / Л.М. Заміховський, Н.І. Іванюк// Інтелект. продукт вчен. і винах. Прикарпаття – 2016: Щоріч. каталог наивагом. винах., корисн. моделей, пром. зразків і рац. пропоз. Галицьких кмітливців. – Івано-Франківськ, 2016.– С. 116-120.

9. Step 7 Professional V14 – Siemens AG, 2016 – 14418 p.

10. Condition Monitoring Systems. Operating Instructions (A5E36912951-AB) - Siemens AG, 06/2016. - 186 p.

11. Заміховський Л. М. Параметрування програмних блоків модуля SM1281 для побудови системи діагностування ГПА [Текст] / Л.М. Заміховський, Н.І. Іванюк // Summer InfoCom 2017: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 1-2 червня 2017р. – К.: Вид-во ТОВ «Інжиніринг», 2017. – С. 30-31.

## МЕТОД ТА ЗАСІБ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ У ДИМОВИХ ГАЗАХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

*Кучерук В. Ю., Дудатьєв І. А., Баранець В. В., Драч Р. П.*

*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна*

***Анотація.** Розроблено засіб контролю концентрації природніх газів у атмосферних газоподібних середовищах на основі оптико-абсорбційного методу з покращеними метрологічними характеристиками. Дослідження, проведені в роботі, дозволили отримати нові, науково-обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які є істотними для підвищення точності при необхідній швидкодії процесу контролю концентрації газів на основі оптико-абсорбційного методу з компенсацією впливних факторів оптичного перетворювача.*

***Abstract.** In the scientific work the method of controlling the concentration of natural gases in atmospheric gaseous media was developed on the basis of an opto-absorption method with improved metrological characteristics. The researches carried out in the work allowed to obtain new, scientifically substantiated theoretical and practical results that are essential for increasing the accuracy with the required speed of the process of controlling the concentration of gases on the basis of the opto-absorption method with the compensation of the influence factors of the optical converter.*

**Основна частина.** Для визначення довжин налаштування фотоприймачів у засобі контролю концентрації двоокису вуглецю у димових газах котельних установок проведемо аналіз спектрів поглинання газів [1], що є продуктами згорання котельної установки.

Димові гази котельних установок, середньоочікувана концентрація яких вища за 0.1% об. та їх основні коливально-обертальні характеристики представлено на рис. 1.

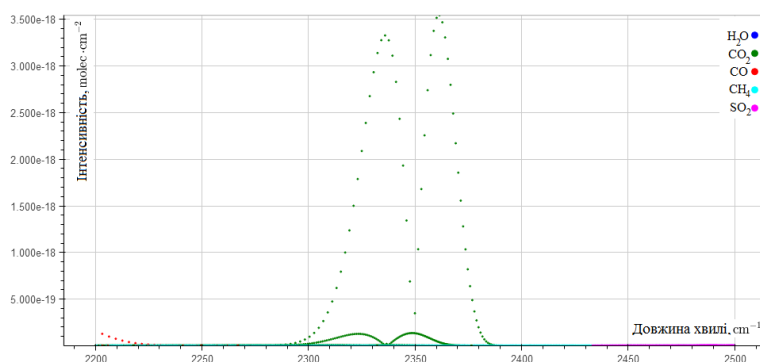


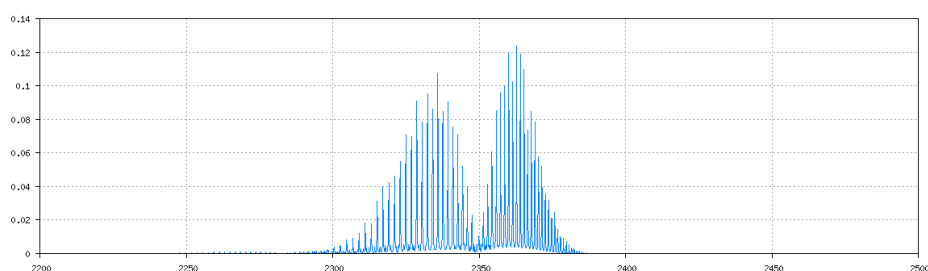
Рисунок – 1. Спектр поглинання компонентів димових газів котельних установок у діапазоні 4 – 4.5 мкм

З аналізу спектрів зроблено висновок, що найактивніша область знаходиться в межах 2200-2500  $\text{cm}^{-1}$ . На рис. 1. представлено поглинання основних компонентів димових газів котельних установок у діапазоні 4 – 4.5 мкм (2200 – 2500  $\text{cm}^{-1}$ ).

Як видно з аналізу спектрів поглинання основних димових газів котельних установок практично всі смуги поглинання знаходяться поруч одна до одної (в деяких випадках накладаються). До того ж, пари води які присутні у газах, займають широкий спектр довжин смуг поглинання. Тому необхідною умовою є не лише вибір довжин поглинання газів таким чином, щоб вони не накладались один на одного, а і використовувати високоточні джерела випромінювання і приймачі (ширина роботи спектру яких не дозволяє потрапляння “сусідніх” газів). Після аналізу довжин поглинання димових газів необхідно за вже відомими вхідними даними обрати інфрачервоні випромінювачі і приймачі.

Таким чином, можна визначити параметри фотодіодів та фотоприймачів, при цьому було враховано взаємоперетин ліній поглинання. Тобто контрольні точки для кожного газу виглядають таким чином, що поруч немає ліній поглинання інших газів, що могли б вплинути на результати вимірювань.

Графічне моделювання фрагменту бази даних HITRAN представлено на рис. 2.



## Рисунок 2 – Фрагменту бази даних HITRAN

Як видно з рис. 2, спектр поглинання двоокису вуглецю в заданому діапазоні має складну структуру за рахунок накладання спектрів газів які входять до його складу, тому коефіцієнт поглинання  $k(\lambda)$  смуги виразимо сумою коефіцієнтів поглинання окремих ліній

$$k(\lambda) = \sum_i \frac{S(\lambda_i)}{\pi} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2 + \left(\frac{1}{\lambda_i} - \frac{1}{\lambda_0}\right)^2}, \quad (1)$$

де  $S$  – інтенсивність смуги поглинання;  $\lambda_i$  та  $\lambda_0$  – довжина та центр смуги поглинання;  $\sigma$  – ширина смуги поглинання.

Для розрахунку величини поглинання в інтервалі 4,1 – 4,3 мкм (2300-2400  $\text{см}^{-1}$ ) використовувалась аналітична модель спектрального розподілу коефіцієнтів поглинання газу, розрахована на основі таблиць інтенсивності ліній  $S(\lambda_0)$  випромінювання газів в зазначеному спектральному діапазоні, що відповідає наступним наближенням:

Спектр коефіцієнта поглинання газу описується сумою розподілів Лоренца з різними  $\lambda_0$  і  $S(\lambda_0)$ , але однаковими значеннями  $\sigma_L$ .

Спектри коефіцієнтів поглинання всіх газів задаються в спектральній смузі 2300-2400  $\text{см}^{-1}$  (довжини хвиль випромінювання 4,1 – 4,3 мкм) з кроком 0,01  $\text{см}^{-1}$ . Виконання цієї умови необхідно для зручності аналізу сумішей газів і врахування впливу впливних газів.

У моделі враховуються тільки лінії, що мають інтенсивність  $S \geq 0,1$  [ $\text{см} \cdot \text{атм}$ ] при нормальних умовах вимірювання.

Модель ослаблення випромінювання в середовище димових газів котельних установок представлена на рис. 3.



Рисунок. 3 – Модель ослаблення випромінювання в середовище димових газів котельних установок

На основі закону Бугера-Ламберта-Бера отримано математичну модель, яка описує процес ослаблення випромінювання в оптичному вимірювальному перетворювачі та враховує основні фактори, які пов'язані з особливостями об'єкту контролю, що впливають на її коректність



$$I_l = I_0 \cdot e^{\frac{\int_0^{\infty} k_s(\lambda) d\lambda}{\pi} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2 + (\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_i})^2} \cdot \frac{-0,0083 \cdot T}{P_0 \cdot e^{\frac{M_m \cdot g \cdot h}{R \cdot T} - P_{роз}}} \cdot \frac{C}{M} \cdot l}$$

де  $I_l$  – інтенсивність випромінювання, яке пройшло через досліджуваний газ;  $I_0$  – початкова інтенсивність випромінювання;  $M_m$  – молярна маса сухого повітря ( $0.029 \frac{кг}{моль}$ );  $g$  – прискорення вільного падіння;  $h$  – висота, яка є сумою висоти димової труби та поверхні її основи над рівнем моря;  $C$  – концентрація газу ( $мг/м^3$ );  $l$  – довжина шляху поглинання;  $\sigma$  – ширина смуги поглинання;  $M$  – молярна маса досліджуваного газу;  $T$  – температура димового газу;  $R$  – універсальна газова стала;  $P_0$  – тиск на рівні моря;  $P_{роз}$  – тиск розрідження.

Результати моделювання рівняння (2) представлені на рис. 4.

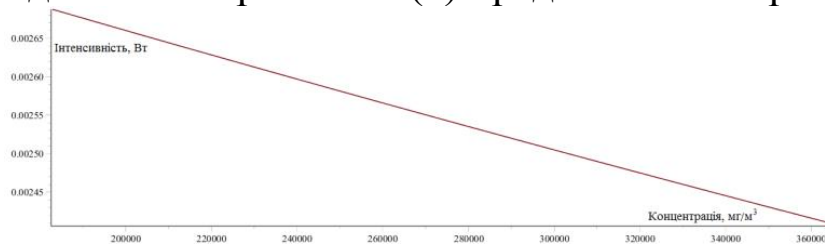


Рисунок- 4. Моделювання залежності концентрації димового газу від інтенсивності

Також розроблено математичну модель вимірювального перетворювача концентрації газів

$$U_F = I_0 \cdot e^{\frac{\int_0^{\infty} k_s(\lambda) d\lambda}{\pi} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2 + (\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_i})^2} \cdot \frac{-0,0083 \cdot T}{P_0 \cdot e^{\frac{M_m \cdot g \cdot h}{R \cdot T} - P_{роз}}} \cdot \frac{C}{M} \cdot l} \cdot S_{10} \cdot S \cdot R_{zz}$$

де  $S$  – площа фоточутливого шару фотоприймача, що освітлюється;  $S_{10}$  – інтегральна струмова чутливість фотодіоду при немодульованому опроміненні;  $R_{zz}$  – опір в колі зворотнього зв'язку операційного підсилювача;  $U_F$  – вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач.

Моделювання проводилось при вхідній інтенсивності 3мВт, опорі зворотнього зв'язку 9.88 МОм, інтегральній струмовій чутливості фотодіоду  $5.06 \frac{А}{м^2}$ , площею фоточутливого шару фотоприймача 26 мм<sup>2</sup>.

Моделювання залежності концентрації CO<sub>2</sub> від напруги у робочому та повному діапазоні представлено на рис. 4.

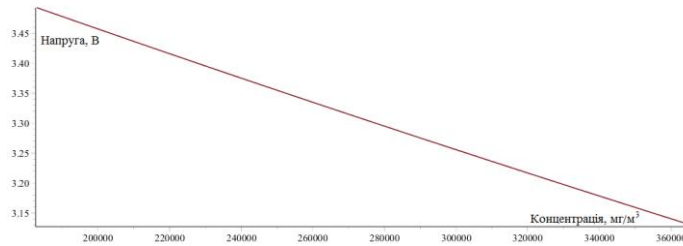


Рисунок- 5. Моделювання залежності концентрації CO<sub>2</sub> від напруги

Дослідив вплив ширини спектру приймача інфрачервоного (ІЧ) випромінювання на чутливість оптичного каналу газового сенсора визначено, що використання оптичного фільтру збільшує чутливість оптичного газового сенсору приблизно на 10% та зменшує відносну похибку вимірювання до 0.05%.

### Список використаної літератури:

1. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: основы, техника, аналитическое применение / Смит А. — М.: Мир, 1982. — 328 с.
2. Kucheruk V. Automatic control of concentration of flue gases / Kucheruk V. Yu., Dudatiev I. // Pomiry avtovatyka kontrola. - № 7. – 2013. - P.621-623.

УДК 004.93

## ПРОЕКТУВАННЯ ОХОРОННОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РІВНЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ

*Ольховський А.О., Паньків Ю.В.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м.*

*Івано-Франківськ, Україна,*

*e-mail: [yuriy.pankiv@gmail.com](mailto:yuriy.pankiv@gmail.com), +38 (0342)72-71-70*

*Анотація.* В роботі проаналізовано сучасний стан існуючих автоматизованих охоронних систем (з веденням онлайн-протоколу та безпроводним методом зв'язку) з точки зору їх надійності, що

забезпечить облік персоналу, який отримуватиме доступ, а також дозволить вести статистику щодо цих даних.

*Розглянуті теоретичні передумови, щодо розроблення інтелектуальної охоронної системи з використанням теорії розпізнавання та ідентифікації.*

**Abstract.** *The paper analyzes the current state of the existing automated security systems (with the maintenance of an online protocol and a wireless method of communication) in terms of their reliability, which will ensure accounting for personnel who will get access and will also allow statistics on these data.*

*Theoretical prerequisites for the development of an intellectual security system using the theory of recognition and identification are considered.*

Створення охоронної системи, що базується на клієнт-серверній архітектурі з безпроводною передачею даних є актуальною задачею, оскільки існує ряд об'єктів на яких незручно використовувати провідні системи зв'язку через ряд чинників (невеликі сейфи, скриньки з особливо важливим вмістом та ін.), а також існує необхідність ведення онлайн-бази даних (для статистики відвідування, контролю доступу в різний час доби працівниками різних категорій, тощо) [1].

Метою роботи є створення надійної охоронної системи, що забезпечить облік персоналу з наданим до неї доступом, та дозволить вести статистичних даних.

Для реалізації поставленої мети було проведено обґрунтування і вибір апаратних засобів для розробки охоронної системи та її програмних засобів на базі яких в подальшому здійснили проектування клієнтської та серверної частин системи.

Клієнтська частина системи складатиметься з мікроконтролера МК, клавіатури, реле, соленоїдів та безпосередньо замкового механізму, а серверна частина - з сервера та точки доступу Wi-Fi.

Враховуючи, що основою системи є мікропроцесорний комплекс, який координує роботу її серверної та клієнтської частин, було обґрунтовано вибір пристрою Lua node 32 на базі esp32wroom32 [2]. До його переваг відносять простоту використання, можливість зв'язку по різних протоколам (USB/UART, IEEE 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r, SPI, Bluetooth v4.2 BR/EDR і BLE specification і т.д.), а також високу якість виконання та відносно низьку ціну. На відміну від всіх попередніх плат Espressif, esp32 володіє значно більшою швидкістю передачі даних (до 150 мб/с), а також двоядерним процесором із тактовою частотою від 80МГц до 240МГц

При виборі клавіатури виходили з наступних вимог до неї - великий ресурс, малий час брязкоту контактів та зручний інтерфейс зв'язку з мікроконтролером для мінімізації вузьких місць в системі таких, як спайки і скрутки. Вказаним вимогам задовольняє 16-кнопкова матрична клавіатура з наявним досить довгим шлейфом, що завершується роз'ємом з кроком виходів у 2.54 мм, які співпадають з роз'ємом вибраного МК [3].

До переваг даної клавіатури можна віднести також її належність до матричних клавіатур, що зменшує кількість задіяних портів і вивільняє їх для виконання інших функцій

Враховуючи вимоги до пристрою комутації управляючих і силового кіл - висока відмова стійкість, енергоефективність та здатність комутувати кола з напругою 220В та струмом до 100мА, було обрано реле РЕС-9, яке має пило - та вологозахищене виконання і високі показники надійності [4].

В якості виконавчого механізму системи вибрано соленоїд, який при подачі на нього струму через реле втягуватиме в себе осердя, з'єднане з замковим механізмом. Соленоїд має просту конструкцію, високу відмовостійкість, не потребує кінцевих вимикачів чи складних драйверів як серводвигуни і є достатньо потужним, щоб працювати з механічним замком.

Для розробки клієнтської частини системи було обрано програмне середовище Arduino IDE [5], оскільки воно є найбільш зручним у використанні та має багато різноманітних бібліотек для роботи з різними інтерфейсами та протоколами (починаючи від роботи з клавіатурою і закінчуючи протоколи TCP/IP, IEEE 802.11 та Bluetooth).

В результаті проведення аналізу та дослідження плюсів і мінусів кожного з варіантів було обрано сервер зі встановленим наперед необхідним програмним забезпеченням на веб-хостингу [www.000webhost.com](http://www.000webhost.com) [6], оскільки розгортання такого сервера на ПК зі встановленим користувацьким ПЗ є досить проблематичним, оскільки часто воно конфліктує з серверним ПЗ і не дає йому нормально працювати. Перевагою є також те, що сервер наданий даною компанією доступний 23 години в добу з можливістю вибору інтервалу в 1 годину, коли він неактивний, що дозволяє звести шкоду від недоступності сервера до нуля. Також сервіс пропонує використання вже налаштованого сервісу електронної пошти та зручне управління базами даних на сайті.

Враховуючи, що серверна частина системи за визначенням має виконуватись на сервері, то для її створення було використано мову програмування високого рівня PHP.

Клієнтська частина системи складається з двох рівнів: програмного (на основі Arduino IDE) та апаратного (на основі МК LuaNode32 та інших засобів мікросхемотехніки).

Логіка роботи програмного рівня системи поділяється на дві частини.

- перша, де знаходиться частина програмного коду, який буде виконаний

один раз відразу після запуску. Ця частина починається з рядка `setup(void)`. Після ввімкнення живлення МК повинен приєднатись до точки доступу Wi-Fi за допомогою встановлених наперед значень SSID (ім'я мережі) та Password (пароль для підключення до точки доступу). Після підключення МК повинен вивести через послідовний порт повідомлення про успішне підключення до мережі, свою IP-адресу та MAC-адресу (рис 1).

```
Connected to ironman  
IP address: 192.168.0.104  
MAC address: 30:AE:A4:25:77:EC
```

Рисунок 1 – Повідомлення про успішне підключення до точки доступу

Також в першій частині вказано ім'я Web-сервера до якого МК буде в подальшому приєднуватись. Тобто перша частина є підготовчою, а всі основні дії виконуються в другій частині;

-друга частина починається з читання значень, що вводяться з матричної клавіатури. Бібліотека Keypad.h коректно функціонує на пристрої і дозволяє легко обробляти натиски клавіатури та враховує брязкіт контактів, що дає можливість відійти від різноманітних технічних аспектів і працювати суто над програмною оболонкою.

Завдяки цій бібліотеці будуть зчитуватися значення з клавіатури та записуватися у пам'ять пристрою і надалі порівнюватися з наявними у базі даних пристрою. Варто зазначити, що на випадок, якщо користувач з певних причин зіб'ється при введенні паролю, то в програмі передбачена можливість скидання введеного паролю через натискання клавіші “\*” (рис. 2) .

Після зчитування паролю, введеного з клавіатури, МК шукає співпадіння з наперед визначеними паролями і, у разі виникнення збігу, записує у змінну `users`, а параметри щодо введення клавіатури для

біометричної ідентифікації -записуються у змінну periods. Після цього через засоби бібліотеки Wi-Fi.h та Wi-FiClient.h здійснюється підключення до Web - сервера, що знаходиться за адресою <http://lockdatabase.000webhostapp.com> і потім за допомогою GET-запиту дані передаються на серверну частину, де опрацьовуються за допомогою мови програмування PHP. Більш детальний опис серверної частини наведено нижче.

Після передачі даних подається високий логічний рівень на вихід МКА, що під'єднаний до реле через транзисторний ключ, на 2 секунди. Після чого виконання другої частини програмної частини клієнта завершується і, оскільки вона є постійним циклом, переходить на початок, тобто до очікування вводу даних з матричної клавіатури.

```
int k=0;
String pas="";
char periods;
char customKey = customKeypad.getKey();
if (customKey != NULL){if (customKey != '*') {if (i<=6) {
Serial.print("Key pressed:");
Serial.println(customKey);
pin[i]=customKey;
i=i+1;
}}
else {i=0;}
}

periods='0';
if (i==6) {for (k=0;k<6;k=k+1){
Serial.print(pin[i]);
pas +=pin[k];}
Serial.println();
i=0;
k=0;
```

## Рисунок 2 – Зчитування з матричної клавіатури

Оскільки МК налаштований і його робота налагоджена, перейдемо до проектування нижнього рівня клієнтської частини. На перший погляд все просто. Контролюючі контакти реле підключаються до логічного виходу GPIO мікропроцесора та виходу, що зазначений як “земля”, тобто GND. Після цього соленоїд, що буде відкривати замок, підключається в розрив до мережі 220В через контрольовані контакти реле і схема готова. Однак необхідно врахувати, що реальний струм спрацьовування реле становить приблизно 150мА і є надлишковим для логічного виводу МК, що вимагає створення транзисторного ключа. Розрахувавши необхідні параметри по підсиленню, а саме підсилення з 50мА на виході з модуля МК до струму

замикання реле величиною в 150мА була розроблена схема електрична принципова клієнтської частини системи (рис. 3).

Завдання серверної частини системи полягає у отриманні даних через GET-запит з клієнтської частини запис їх до журналу. Саме цим і буде займатись перший php-файл з назвою `arduino.php`. Суть його роботи полягає у наступному.

Після виклику клієнтською частиною посилання `lockdatabase.000webhostapp.com/arduino.php?user=x&periods=y` у якому знак

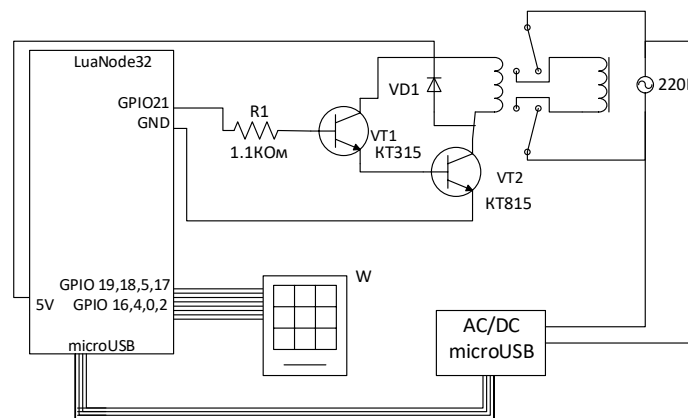


Рисунок 3 – Клієнтська частина системи. Схема електрична принципова

Питання (?) ділить посилання на дві частини: URL (Universal Resource Locator) та HTTP-запит. Через запит файл отримає з посилання значення `user` та `periods` які відповідно дорівнюватимуть `x` та `y`. А також збереже час, коли був виконаний запит. Таким шляхом буде отримано час, коли користувач отримав доступ.

Якщо про існування файлу `arduino.php` звичайний користувач не буде навіть знати то наступний файл буде відображатись при запиті онлайн-журналу. Цим файлом є `index.php`, який буде автоматично відображатись при запиті сторінки `lockdatabase.000webhostapp.com`. Даний файл використовує іншу сильну сторону мови PHP, а саме динамічну генерацію HTML-файлів та їх відображення у браузері.

Суть програми, яку виконує цей файл полягає у створенні через функції PHP нової HTML- сторінки і розміщення на ній усіх даних, що містяться у файлах.

Таким чином після запису всієї інформації ми отримаємо онлайн-журнал доступу. Для того щоб отримати нові дані (якщо вони з'явилися) варто просто оновити сторінку.

В результаті проведеної роботи була розроблена структура інтелектуальної охоронної системи, обґрунтовано вибір її основних елементів, а також розроблено принципову схему системи та її програмне забезпечення.

### Список використаної літератури:

1. Види охоронних систем та їх правильний вибір [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zbuduvaly.ho.ua/526-ohoronni-sistemi-dlja-domu-vidi-ohoronnih-sistem.html>.
2. ESP32 A Different IoT Power & Performance [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>.
3. 16-ти кнопочная мембранная клавиатура [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://arduino-ua.com/prod167-16-Key\\_Membrane\\_Switch\\_Keypad](https://arduino-ua.com/prod167-16-Key_Membrane_Switch_Keypad)
4. РЭС-9 электромагнитное, пылевлагозащищённое, двухпозиционное, одностабильное реле постоянного тока [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://eandc.ru/news/detail.php?ID=18804>
5. Среда разработки Arduino [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://arduino.ru/Arduino\\_environment](http://arduino.ru/Arduino_environment).
6. Best free hosting [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.techradar.com/best/best-free-web-hosting>

УДК 621.317.79

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРИ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

*Демчик І. Л.*

*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна*

***Анотація.** В даній роботі розглянуто суть та основні переваги використання інтелектуальних сенсорів. Інтелектуальні сенсорні датчики дають змогу підвищити точність вимірювання та полегшити процес обробки даних.*

***Abstract.** In this paper, the essence and main advantages of using intelligent sensors are considered. Intelligent touch sensors allow you to*



*increase the accuracy of the measurement and facilitate the data processing process.*

Сенсор – прилад, який перетворює фізичну (фізико-хімічну) зміну або фізичний вплив об'єкту спостереження в інформаційний сигнал для користувача. Сенсор – це ланка, яка допомагає транслювати фізичні властивості системи в певну інформаційну модель. Швидкий розвиток кібернетики дав поштовх до вдосконалення простих сенсорів, які дають першочергову, необроблену інформацію, до «розумних» сенсорно-комп'ютерних систем.

Інтелектуальний сенсор – це сенсор, до складку якого входить мікрокомп'ютер, який дає змогу:

- виконувати складну обробку первинної інформації;
- враховувати всі нелінійні і необхідні поправки;
- надавати дані в найбільш зручній формі користувачеві;
- активно впливати на об'єкт спостереження, приймаючи і аналізуючи зміни внаслідок впливу; накопичувати;
- проводити самоконтроль і самодіагностику;
- накопичувати і систематизувати дані;
- підтримувати інформаційний зв'язок із зовнішнім світом;
- змінювати режими роботи, для адаптації до змін середовища;
- переходити до виконання інших функцій.

Класифікація інтелектуальних сенсорів за фізичною природою первинних інформаційних сигналів:

- механічні сенсори;
- акустичні сенсори;
- електричні сенсори;
- електромагнітні сенсори;
- оптичні сенсори;
- електрохімічні сенсори;
- комбіновані сенсори.

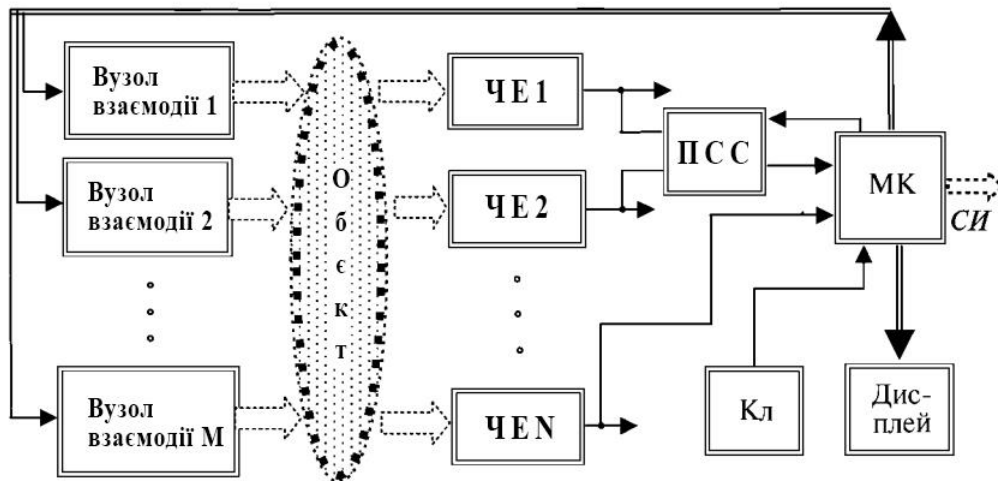


Рисунок. 1 Функціональна схема інтелектуального сенсору: ЧЕ – чутливий елемент; ПСС – підсилювач-селектор сигналу; Кл – клавіатура; МК – мікрокомп’ютер

В сучасних вимірювальних системах інтелектуальні сенсори використовують для підвищення надійності вимірів, зменшення спотворення вимірювальної інформації, можливості проведення складних обчислень, можливості побудови мультисенсорних датчиків, обробки первинної інформації на апаратному рівні.

### Основні напрямки розвитку інтелектуальних сенсорів.

1. Нові методи вимірювань, що вимагають потужної обчислювальної обробки всередині датчика. Це дасть можливість мати у своєму розпорядженні сенсори за межами вимірюваного середовища, підвищити таким чином стабільність показань, знизити втрати при експлуатації. Сенсори не мають рухомих частин, це підвищує надійність і спрощує обслуговування. Конструкція об'єкту вимірювання не позначається на роботі датчика, здешевлюється установка.

2. Бездротові датчики. Рухомі об'єкти, розподілені в просторі, вимагають бездротового зв'язку із засобами їх автоматики, з контролерами. Радіотехнічні пристрої дешевшають, їх якість підвищується, бездротовий зв'язок часто економічно вигідніший. Кожен датчик може передавати інформацію протягом свого індивідуального тимчасового інтервалу (TDMA), на своїй частоті (FDMA), або з власним кодуванням (CDMA).

3. Мініатюрні датчики. Такі датчики можна вбудовувати в промислове обладнання, і засоби автоматизації стануть внутрішньої невід'ємною частиною обладнання, що виконує технологічний процес. Сенсор об'ємом в кілька кубічних міліметрів виміряє температуру, тиск, вологість і т. д.,

проведе обробку даних, відправить інформацію в мережу. Точність і якість роботи приладів підвищиться.

4. Багатосенсорні датчики. Один загальний перетворювач порівняє і обробить дані з декількох сенсорів, тобто не кілька окремих датчиків, а один, але багатофункціональний.

5. Підвищення ступеню інтелектуальності датчиків. Прогноз значень, потужна обробка і аналіз даних, повна самодіагностика, прогноз несправностей, рекомендації з техобслуговування, логічне керування і регулювання.

### **Список використаної літератури:**

1. Интеллектуальные датчики и их использование [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://electricalschool.info/automation/1829-intellektualnye-datchiki-i-ikh.html/> – Заг. з екрану. – Мова рос.

2. Г.Г. Раннев Интеллектуальные средства измерения: Підручник для вищих навч. закладів / Г.Г. Раннев. – Видавничий центр «Академія», 2011. – 272с.

3. Войтович І.Д. Интеллектуальные сенсоры: Навч. Посібник / І.Д. Войтович, В.М. Корсунский – М.: Інтернет-Університет Інформаційних технологій; Біном. Лабораторія знань, 2009. – 624с.

УДК 51.74

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛИВАРНОГО ОБЛАДНАННЯ**

*Нісонський В.П.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [pma@nung.edu.ua](mailto:pma@nung.edu.ua), +38 (0342) 72-38-24*

***Анотація.** Важливими є задачі діагностування ливарного обладнання, а саме вибивних віброграток, в зв'язку з проблемою амортизації обладнання, а також впливом робочого режиму віброграток на навколишнє середовище. Першочерговою задачею для розв'язання цих проблем є побудова математичної моделі динамічного режиму роботи віброгратки.*

*При побудові математичної моделі динамічного режиму роботи віброгратки використовується апарат звичайних диференціальних рівнянь, а саме рівняння Лагранжа II роду. При цьому враховується демпфування енергії при динамічному режимі роботи про причині тертя робочих поверхонь твердих тіл при ударно-контактній взаємодії, а також в'язкий опір пружних в'язів, що з'єднують тверді тіла вибивної гратки.*

***Abstract.** The tasks of diagnosing foundry equipment, namely printed vibrogrates, are important in connection with the problem of equipment depreciation, as well as the influence of vibratory grating operating mode on the environment. The primary task for solving these problems is the construction of a mathematical model of the dynamic mode of the vibroplay.*

*When constructing a mathematical model of the dynamic mode of the vibragrading, the apparatus of ordinary differential equations, namely the Lagrange equations of the second kind, is used. This takes into account the energy damping during the dynamic mode of operation due to friction of the working surfaces of solids during shock-contact interaction, as well as the viscous resistance of elastic elm joints connecting the solids of the printed grid*

Значення вібраційних технологій у багатьох галузях практичної діяльності людини зростає. Машини і агрегати, в яких використовується вібрація, знаходять все більш широке використання, зокрема, в техніці, медицині, будівництві та інших галузях людської діяльності. Вібраційні та віброударні технології широко застосовуються в ливарному виробництві для вибивки ливарних форм, транспортування технологічних сумішей та ін. Велике значення у впровадженні вібраційних технологій мають віброагрегати (віброударні машини) – механізми, в яких відбувається контактна ударна взаємодія між окремими частинами чи ланками. Тому нагально постає питання важливості вивчення роботи таких віброударних машин, для чого потрібно розв'язати проблему математичного моделювання динамічного режиму роботи машин для ливарного виробництва. За компоновкою твердих тіл віброагрегати для ливарного виробництва поділяються на агрегати з ланцюговим або ланцюгово-розгалуженим способом з'єднання твердих тіл. Більш ефективними та продуктивними в виробництві є агрегати з ланцюгово-розгалуженим способом з'єднання твердих тіл.

Можлива схема компоновки агрегату з ланцюгово-розгалуженим способом з'єднання твердих тіл, а саме віброгратки моделі 31327, що виготовлялася на ВО «Карпатпресмаш», подана на рис. 1.

На загальній фундаментній рамі ( $i=1$ ) встановлено паралельно дві (в загальному випадку побудови математиної моделі - $N$ -ну кількість) вібраційні вибивні ґратки, з'єднаних з рамою пружними зв'язками жорсткістю  $c_{1n}$  (для  $n$ -ої ґратки,  $n=1,2$ ). Технологічний вантаж ( $i=3$ ) встановлений на опорній рамі ( $i=2$ ). Фундаментна і опорна рами з'єднані з основою (фундаментом) з допомогою пружних або абсолютно жорстких зв'язів.

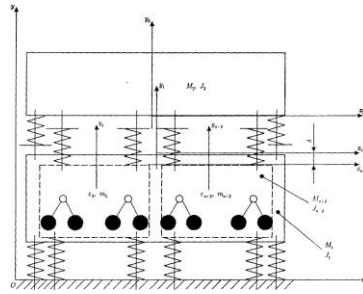


Рис. 1 – Загальна схема ґратки моделі 31327

Жорсткість пружних зв'язів, що з'єднують фундаментну і опорну рами з основою, позначимо відповідно  $c_{01}$  і  $c_{02}$ . В положенні статичної рівноваги між технологічним вантажем і робочими органами ґратки передбачено зазор  $\delta$ .

В запропонованій моделі віброагрегата вибивні ґратки складають блок і коливаються в одній вертикальній площині.

Рівняння руху інерційних елементів розрахункової схеми складається з допомогою рівнянь Лагранжа 2-го роду :

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

де  $T$ - кінетична енергія системи;  $q_i$  -  $i$  - та узагальнена координата;  $Q_i$ -  $i$ -та узагальнена сила,  $i=1, \dots, s$ . Кількість узагальнених координат  $s$  у формулі (1) визначається

$$s = 3 \cdot [N + 1 + \sigma(\xi_1) + \sigma(\xi_2)] + \sum_{n=4}^{N+3} [K_n + \sum_{k=1}^{K_n} P_{nk} + L_n], \quad (2)$$

де  $\sigma(\xi_1), \sigma(\xi_2)$ - одинична функція Хевісайда:  $\sigma(\xi)=1$  при  $\xi \geq 0$ ;  $\sigma(\xi)=0$  при  $\xi < 0$ .

Для даної механічної системи при певних допущеннях і з врахуванням лінійних сил пружності маємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned}
M_3 \ddot{x}_3 - S_{3,x} \ddot{\phi}_3 + S_{311,x} \ddot{\psi}_{311} + S_{321,x} \ddot{\psi}_{321} - S_{3,y} \dot{\phi}_3^2 - S_{311,y} \dot{\psi}_{311}^2 - S_{321,y} \dot{\psi}_{321}^2 &= Q_{x_3}, \\
M_3 \ddot{y}_3 + S_{3,y} \ddot{\phi}_3 + S_{311,y} \ddot{\psi}_{311} + S_{321,y} \ddot{\psi}_{321} - S_{3,x} \dot{\phi}_3^2 + S_{311,x} \dot{\psi}_{311}^2 + S_{321,x} \dot{\psi}_{321}^2 &= Q_{y_3}, \\
I_{0,3} \ddot{\phi}_3 - S_{3,x} \ddot{x}_3 + S_{3,y} \ddot{y}_3 - I_{\varepsilon,x}^{11} (\phi_3 - \psi_{311}) \ddot{\psi}_{311} - I_{\varepsilon,x}^{21} (\phi_3 - \psi_{321}) \ddot{\psi}_{321} + \\
+ I_{\varepsilon,y}^{11} (\phi_3 - \psi_{311}) \dot{\psi}_{311}^2 + I_{\varepsilon,y}^{21} (\phi_3 - \psi_{321}) \dot{\psi}_{321}^2 &= Q_{\phi_3}, \\
I_{0,311} \ddot{\psi}_{311} + S_{3,y} \ddot{x}_3 + S_{3,x} \ddot{y}_3 - I_{\varepsilon,x}^{11} (\phi_3 - \psi_{311}) \ddot{\phi}_3 - I_{\varepsilon,y}^{11} (\phi_3 - \psi_{311}) \dot{\phi}_3^2 &= M_1, \\
I_{0,321} \ddot{\psi}_{321} + S_{3,y} \ddot{x}_3 + S_{3,x} \ddot{y}_3 - I_{\varepsilon,x}^{21} (\phi_3 - \psi_{321}) \ddot{\phi}_3 - I_{\varepsilon,y}^{21} (\phi_3 - \psi_{321}) \dot{\phi}_3^2 &= M_2, \\
M_2 \ddot{x}_2 &= Q_{x_2}, \\
M_2 \ddot{y}_2 &= Q_{y_2}, \\
I_{0,2} \ddot{\phi}_2 &= Q_{\phi_2}.
\end{aligned} \tag{3}$$

При певних спрощеннях для системи системи (3) отримали характеристичне рівняння для знаходження перших власних частот:

$$\begin{vmatrix} m_2 \cdot \lambda^2 + 2C_{23} & -2C_{23} \\ -2C_{23} & m_3 \cdot \lambda^2 + 2C_{13} + 2C_{23} \end{vmatrix} = 0 \tag{4}$$

Розв'язки рівняння (4) мають вигляд:

$$\lambda_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - ac}}{a}.$$

Тут  $a = m_2 m_3$ ,  $b = m_2 (C_{12} + C_{13})$ ,  $c = 4C_{13} C_{23}$ .

Розглядалася математична модель динамічного режиму роботи віброагрегата, коли технологічний вантаж віброагрегата взаємодіє з робочими органами інерційно-ударних вибивних ґраток при наявності в'язкого опору (рис. 2). Для даної моделі вперше виконані чисельні розрахунки динамічного режиму роботи віброагрегата при різних механічних параметрах.

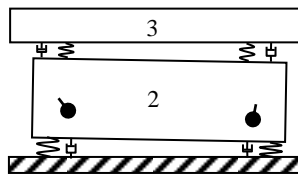


Рисунок 2 – Модель двосекційного агрегату з урахуванням в'язкого опору

Експлуатація віброустановки здійснюється переважно в умовах усталеного режиму. Тоді момент приводу двигуна урівноважується з моментом опору руху і, як наслідок, швидкість обертання валів дебалансів мало змінюється ( $\dot{\psi}_{3j} = const$ ), а прискорення обертання – мала величина ( $\ddot{\psi}_{3j} \approx 0$ ). У цьому випадку коливання системи спричинюють лише складові інерційних сил дебалансів. Рух такої системи за умови

зрівноваженого синхронного обертання двигунів зі сталою швидкістю  $\Omega$  буде здійснюватися лише у вертикальному напрямку та моделюється з високою точністю наступною системою рівнянь:

$$M_2 \ddot{y}_2 + 2\gamma_{32}(\dot{y}_2 - \dot{y}_3) + 2C_{32}(y_2 - y_3) = 0,$$

$$M_3 \ddot{y}_3 + 2\gamma_{32}(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + 2C_{32}(y_3 - y_2) + 2\gamma_{13}\dot{y}_3 + 2C_{13}y_3 = 2m_d r \Omega^2 \cos(\Omega t). \quad (5)$$

Частинний розв'язок системи диференціальних рівнянь (5) буде:

$$y_i(t) = A_i \cos(\Omega t + \psi_o), \quad i = 2,3, \quad (6)$$

де  $A_i$  – амплітуди коливань та прискорення відповідно ТН та віброгратки, які визначаються виразами:

$$A_2 = \frac{2m_d \varepsilon \Omega^2 \sqrt{C_{32}^2 + \Omega^2 \gamma_{32}^2}}{\sqrt{\Delta}}, \quad A_3 = \frac{m_d \varepsilon \Omega^2 \sqrt{(-M_2 \Omega^2 + 2C_{32})^2 + 4\Omega^2 \gamma_{32}^2}}{\sqrt{\Delta}}, \quad A_{w_i} = \Omega^2 A_i, \quad i = 2,3. \quad (7)$$

Характеристичне рівняння системи (5) для знаходження перших власних частот матиме вигляд:

$$\begin{vmatrix} M_2 \cdot \lambda^2 + 2\gamma_{32} \cdot \lambda + 2C_{32} & -2\gamma_{32} \cdot \lambda - 2C_{32} \\ -2\gamma_{32} \cdot \lambda - 2C_{23} & M_3 \cdot \lambda^2 + 2(\gamma_{13} + \gamma_{32}) \cdot \lambda + 2(C_{13} + C_{32}) \end{vmatrix} = 0, \quad (8)$$

тут  $\lambda$  – корені характеристичного рівняння (8), що відповідають власним частотам коливань системи.

Таким чином, побудова математичної моделі динамічного режиму роботи віброагрегата при різних схемах компоновки твердих тіл та різних механічних параметрах системи вимагає залучення апарату диференціальних рівнянь 2-го порядку та чисельних методах при їх розв'язуванні. Після побудови математичної моделі можливо отримати найважливіші характеристики динамічного режиму роботи, а саме: власні частоти, амплітуди коливань твердих тіл віброагрегата, амплітуди віброприскорення твердих тіл.

### Список використаної літератури:

1. V.P.Nisons'ky. Mathematical model of a multisectional vibration unit / V.P.Nisons'ky, I.I.Gerega, V.M.Shopa // National Academy of Sciences in Ukraine. Kiev .Ukraine January 2000.
2. Нісонський В.П. Математична модель контактної взаємодії елементів багатосекційних агрегатів / В.П.Нісонський // Доповіді НАН України.- 2003. №12. – С. 51 – 57.
3. Нісонський В. П. Математичне моделювання агрегатів для ливарного виробництва / В. П. Нісонський // Методи та прилади контролю якості. – №1 (36), 2016. – С. 100 –106.

**ПОВЫШЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ УЧАЩИХСЯ ВУЗОВ,  
ПОСРЕДСТВОМ ПЛАНИРУЕМОЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН  
ПОДВЕДОМСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ «ШПА-ИСП»**

*Аубакир Д.А.*

*ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, г. Астана, Казахстан,  
e-mail: segiz-seri@yandex.ru*

*Ахтамбаев Л.С.*

*КазАТУ им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан*

***Аннотация** Работа посвящена инновационному подходу к образовательной системе высшей школы в Республике Казахстан, а именно - внедрению в действующие вузы новой образовательной структуры «Широкопрофильной академии инноватики и стартап проектов», что, по мнению авторов, поднимет статус вуза, повысит его показатели, в том числе – диагностические.*

***Abstract.** The work is devoted to an innovative approach to the educational system of higher education in the Republic of Kazakhstan, namely, the introduction into the existing higher education institutions of a new educational structure of the “Wide-profile Academy of Innovation and Startup Projects”, which, in the authors' opinion, will raise the status of the university, improve its performance, including diagnostic.*

**Введение.** Анализируя наше сотрудничество с несколькими вузами страны нами, как инициативной группой разработчиков, инициирована выработка предложения по специальным курсам – обязательным дисциплинам для подобной подведомственной вузу образовательной структуры, главной особенностью которой было бы требование о том, чтобы в нём осуществлялась подготовка специалистов типа акселераторов стартап проектов на базе инновационных технологий.

Такую инициативу считаем нашим ответом вызовам эпохи глобализации с позиции системы образования в Казахстане: предлагаемую образовательную структуру (ОС) условно назовём «Широкопрофильная академия инноватики и стартап проектов – ШПА-ИСП».



**Статус образовательной структуры «ШПА-ИСП» в нашем представлении.** Этот статус нам представляется таковым: некий частный вуз, например Казахско-русский международный университет (КРМУ) в г. Актобе, как головной вуз, инициирует создание особого собственного подразделения, который готовил бы специалистов с дипломом особого образца. Поскольку вуз через эту ОС будет выпускать специалистов, обучение в симбиозе ОС+вуз – пятилетнее, причём с обязательной полугодовой зарубежной практикой каждого учащегося. Выпускники защищают дипломный проект или магистерскую диссертацию по выбору (согласно показателям успеваемости, за весь период учёбы в этой ОС в совокупности с головным вузом: ОС+вуз). Основным предметом деятельности ШПА-ИСП является содействие развитию приоритетных, инициативных и перспективных технологий в образовательной системе в сочетании с нетривиальным выходом учебных программ (УП) к полноценным опытно-конструкторским и проектным работам, моделированию, изобретательству и конструированию, обеспечивающим целевую практическую направленность процесса обучения и научных исследований в сфере образования в стране, соответствующими самым передовым методикам овладения учащимися знаниями и навыками.

Одновременно с этими мерами резко улучшатся диагностические характеристики (ДХ) профессионализма учащихся.

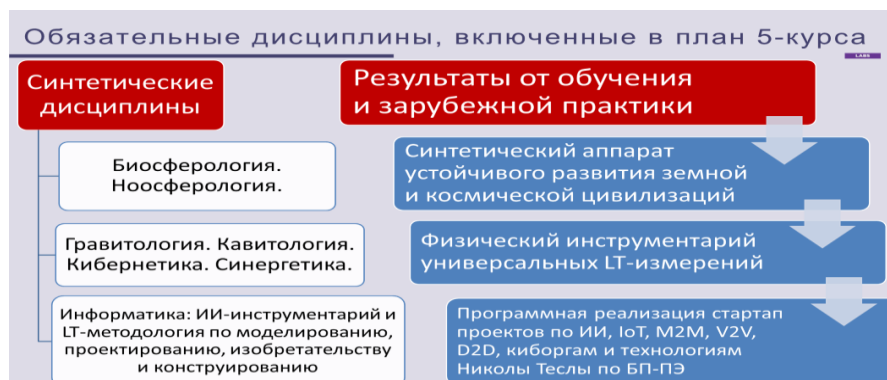
**Какими видятся учебные программы и специализация будущих выпускников ОС+вуз.** С начала определённого учебного года (с ведома МОН РК, уполномочившего инициативу частного вуза) начнётся реализация изначально научно-техническая направленность целевого обучения в качестве образовательного эксперимента, нацеленного на высокотехнологическую деятельность заново создаваемой подведомственной ОС. Такая деятельность приведёт в итоге напрямую к коммерциализации результатов УП, иными словами, УП завершается внедрением и выходом на рынок всего, что наработано в процессе реализации учебного плана в ШПА-ИСП. Этот вуз нового образца станет примерным для вновь создаваемых вузов. Почему ДХ при такой деятельности повысятся? Да потому: что даёт вообще диагностика (?), она определяет в широком смысле состояние, “самочувствие” сферы образования. Оно сейчас ниже номинального, а внедрение ШПА-ИСП в вуз ставит его выше номинального!

**Результат образовательной, научной и научно-технической деятельности вуза.** Эти результаты должны соответствовать двум законам их регламентирующим: Согласно Закону «О коммерциализации

РННТД»: Новые знания или решения, полученные в ходе выполнения образовательной, научной и научно-технической деятельности и зафиксированные на любом информационном носителе, внедрение научных разработок и технологий в производство, а также модели, макеты, образцы новых изделий, материалов и веществ, а также: Согласно Закону «О патентовании»: Объекты интеллектуальной собственности – результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации участников гражданского оборота, товаров, работ и услуг. Эти требования относительно результатов деятельности ШПА-ИСП считаем соответствующими статусу новизны, своевременности и конкурентоспособности вуза нового типа, каковым нам видится вуз, расширенный ОС «Широкопрофильная академия инноватики и стартап проектов».

**Учебные планы с раскладкой обязательных трёх дисциплин по пяти курсам и результатов от обучения этим дисциплинам (обязательные дисциплины не исчерпываются ими!).** Нас в первую очередь волнуют именно дисциплины: математика, физика и информатика, которые должны преподаваться в течение всех пяти курсов данного вуза. Выбор других обязательных дисциплин (ОД) и необязательных дисциплин и элективных курсов мы оставляем специалистам соответствующих профилей.





**Пояснения по поводу синтетических дисциплин, представленных взамен ОД математики и физики.** Хотя названные синтетические дисциплины – Биосферология и Ноосферология напрямую не относятся к математике, но по фундаментальности и аппарату теории устойчивого развития земной и космической цивилизации они подстать математике [1].

Подобно этому синтетические дисциплины – Гравитология, Кавитиология, Кибернетика и Синергетика также кажутся напрямую неотносящимися к физике, но это только на первый взгляд. Гравитология – учение о гравитации и, как известно это есть учение о гравитации, как о научной категории физики. А вот Кавитиология – учение о кавитации и кавитионов (“CAVITation+IONization”) только недавно стало учением о новой научной категории также физической науки с недавних пор [2], [3].

Относительно Кибернетики и Синергетики особо комментировать не приходится, так как относительно изучения природных явлений и процессов в технике и технологиях они восполняют то, чего чистая физика по своей ограниченности не дотягивает, например, до учения об универсальных LT-измерениях физических величин и LT-методологии из УР [1], к тому же, диагностика является разделом Кибернетики.

Поэтому, диагностические характеристики сферы образования станут улучшаться само собой.

**Механизмы реализации стартап проектов и инновационных технологий.** По поводу этих механизмов мы сошлёмся к известным схемам реализации, выработанным АО «Фонд науки» при МОН РК:

**Заключение.** По нашему убеждению, лучше и проще начать подобную реорганизацию в частных вузах страны, сперва в одном таком вузе, в роли которого мы выбрали КРМУ в Актобе по ряду объективных причин: во-первых, с этим вузом сотрудничество наше началось год тому назад; во-вторых, этот вуз уже перешёл на новую технологию обучения,

когда традиционные предметы заменены на авторские проекты, причём авторы выбираются по конкурсу из разных вузов СНГ, имеющие свои



курсы и надлежащий опыт работы, остепенённые; в-третьих, данный вуз отличается от себе подобных тем, что руководство находится в постоянном поиске лучших методологий и передовых технологий, в частности оно нашло себе производственного партнёра в лице АО «АЗХС – Актюбинский завод химических соединений» и работают как спарринг-партнёры и создаёт лабораторную базу **LabCyborgs (Laboratory of cybernetic organisms)** в виде учебно-производственного объединения инноватики, нацеленного на интенсификацию УП по проектным работам, моделированию, изобретательству и конструированию, обеспечивающим целевую практическую направленность процесса обучения и научных исследований в сфере

образования с внедрением процесса акселерации стартап проектов на базе инновационных технологий, и полным циклом работ – начиная с проектирования, до выхода на рынок с готовой продукцией – студенческими и магистерскими стартап проектами с маркой ОС+ вуз, возможно с маркой МОН РК, а также с маркой страны – «**Made in Kazakhstan**».

### Список использованной литературы:

1. Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Устойчивое развитие: научные основы проектирования в системе природа-общество-человек. – СПб.-М., 2002. – 615 с.

2. Aubakir D.A., Azen Y.D. 09.09.2018. “Cavition” (“CAVITation+IONization”) - a fundamental quantum-source of cavitation’s Force and alternative Energy. Portal: <https://massaget.kz/blogs/24954/>

3. Aubakir D.A., Azen Y.D. 30.06.2018. Кавитион – неологизм от кавитации. кавитационные сила и энергия, вырабатываемые кавитионами. Портал: [https://massaget.kz/blogs/oy\\_tolgaular/24825/](https://massaget.kz/blogs/oy_tolgaular/24825/)

УДК 004:378

## ІНТЕГРАЦІЯ ПІДТРИМКИ МЕСЕНДЖЕРІВ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ TRELLO

*Зікратий С.В., Духович О.Р.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, email: [zikratiy@gmail.com](mailto:zikratiy@gmail.com), +38 (0342)72-71-70*

***Анотація.** В статті розглянуто шляхи розширення функціональних можливостей системи управління кафедрою навчального закладу на базі платформи Trello. З метою отримання оперативного зворотного відклику від учасників команди запропоновано запропоновано використовувати месенджери. Розглянуто методи інтеграції месенджерів в систему управління проектами Trello. Розроблено програмний додаток, дозволяє інтегрувати месенджери в систему управління проектами на базі технології WebHook.*

***Abstract.** The article considers ways to expand the functional capabilities of the educational institution department management system based on the Trello platform. It was proposed to use the messengers in order to receive an operative feedback from the team members. There were considered methods of integrating the messengers into Trello project management system. The developed software application allows to integrate messengers into project management system based on WebHook technology.*

Контроль над виконанням задач є важливою частиною управління будь-яким колективом. Сучасні системи управління проектами дозволяють в автоматичному режимі сповіщати виконавців, забезпечувати контроль над ступенем виконання задачі, затраченим часом. Вони дозволяють керівникам отримувати зворотній відгук про отримання і виконання задачі за допомогою e-mail або власних мобільних додатків, але в більшості випадків не підтримують роботу через месенджери.

Коли керівник додає учасника команди до дошки або картки, учасник має бути автоматично повідомлений про це зручним для себе шляхом, тобто через месенджер, яким він користується. Повідомлення повинно містити інформацію про дошку або картку, до якої було додано користувача, і коротке посилання на неї, а також кнопку зворотного зв'язку. Ознайомившись з цим повідомленням, працівник натискає на кнопку і людина, яка поставила задачу, повідомляється про те що виконавець задачі отримав інформацію про задачу [1].

Реалізація такої задачі можлива на основі створення автоматичних ботів. Взаємодія з платформою Trello, а також з платформами підтримуваних месенджерів здійснюється через технологію REST API [4] (рис. 1). Зв'язок з API-серверами цих сервісів забезпечується сторонніми бібліотеками. Так для роботи з Trello API [6] використовується бібліотека Manatee.Trello, з Telegram - Telegram.Bot [7], з Viber - Viber.Bot [8]. Всі бібліотеки є відкритими і розповсюджуваними через ліцензію MIT, що робить можливим їхнє законне вільне використання і розповсюдження.

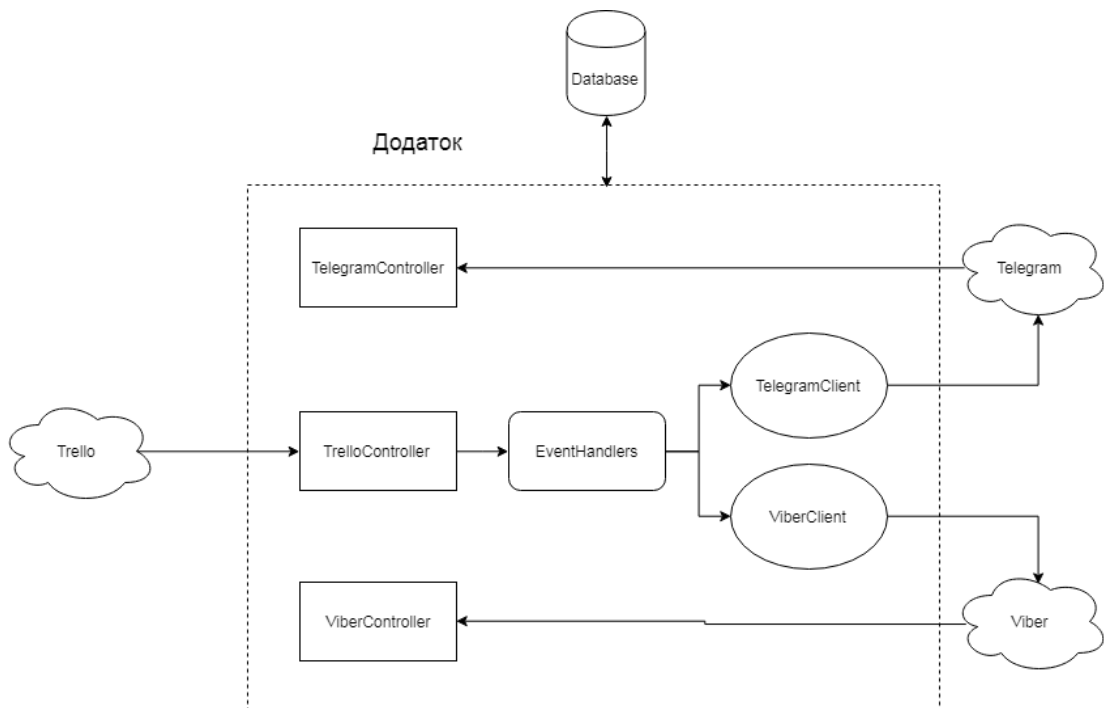


Рисунок 1 - Схема взаємодії окремих компонентів додатку

Для отримання сповіщень про події даних сервісів використовується технологія веб-перехоплювачів (Webhooks) [5].

В якості середовища розробки було обрано IDE Visual Studio, а як мову розробки – С#. В якості системи управління реляційними базами даних було обрано Microsoft SQL Server, а для взаємодії бази даних і додатку використовується технологія ADO.NET Entity Framework [3].

Розгортання додатку і його тестування проводилося на платформі AppHarbor – хмарному сервісі, що надає доступ до віртуального середовища .NET.

Для можливості інтеграції месенджерів в Trello необхідно отримати ключ користувача API. Кожен користувач Trello отримує єдиний ключ API; який використовується для ідентифікації користувача і його додатків у Trello. Цей ключ API складається з 32 випадкових буквено-цифрових символів. Потрібно також отримати токен API. Trello використовує делегований порядок автентифікації та авторизації, щоб програма ніколи не мала справу з зберіганням або обробкою імен користувачів або паролів. Замість цього ваша заявка передає контроль Trello (ідентифікуючи себе за допомогою ключа API), і коли Trello дозволив користувачеві вибрати обліковий запис ввійти, Trello обробить користувача та поверне до вашої програми токен API.

Через цей авторизаційний потік ключ API завжди є загальнодоступним. Ключ API сам по собі не надає доступу до даних

користувача Trello. Однак, оскільки токени API надають доступ до даних користувача, вони повинні зберігатися в таємниці.

Після отримання ключа та токена API для свого облікового запису, можна використовувати їх для початку надсилання запитів. Один з найпопулярніших ресурсів в Trello - це об'єкт дошки. Для прикладу, розглянемо запит на отримання дошки.

Для цього потрібно зробити запит GET на ресурс `1/members/{memberId}/boards`, щоб перерахувати всі дошки, які доступні користувачу. Кінцевий запит буде виглядати приблизно так:

<https://api.trello.com/1/members/me/boards?key={yourKey}&token={yourToken}>

Хоча задокументований маршрут показує, що `memberId` буде передано як параметр URL-адреси, передається ярлик `Me`. Trello інтерпретує `Me` на місці ідентифікатора учасника як посилання на користувача, який робить запит на основі токена API. Виконавши запит вище, буде отримана відповідь, що містить об'єкт JSON, з інформацією про всі дошки, до яких належить користувач. Схожим чином роблять запити до більшості ресурсів Trello.

Але, так як використовується бібліотека `Manatee Trello`, ці запити не будуть здійснюватися вручну. Всю «брудну» роботу здійснює бібліотека, а додаток опирається на виклик методів її API [6].

Зворотні виклики з веб-перехоплювачів месенджерів обробляються відповідними API-контролерами. Так, як на даний є два підтримувані месенджера – `Telegram` і `Viber`, то вони, відповідно, обробляються контролерами «`TelegramController`» і «`Viber Controller`».

Запити для обох контролерів приходять у формі POST-запитів, тіло яких представляє собою JSON з інформацією про подію, яка відбулася, тому контролери містять тільки один метод «`Post`».

Для забезпечення безпеки всі запити від `Telegram` приходять з деяким цифрово-символьним секретом, який задається при встановленні веб-перехоплювача. Секрет представляє собою довільний HMAC-хеш, збережений в «`web.config`». Так, як цей код знає тільки платформа `Telegram` і додаток, можна бути впевненим, що запити з цим кодом в параметрі є надійними. Додаток просто витягує цей секрет з параметрів запиту і порівнює його з тим, який збережений в системі:

В «`ViberController`» використовується дещо інша форма безпеки. Кожен зворотний виклик буде містити підпис на JSON, переданий зворотному виклику. Підпис є хешем HMAC з SHA256, який використовує токен автентифікації як ключ, а JSON - як значення.



Результат буде переданий у вигляді заголовка HTTP «X-Viber-Content-Signature», щоб отримувач міг визначити походження повідомлення. Ми витягуємо строкове представлення тіла запиту і сигнатуру, яка міститься в заголовку HTTP. Верифікацією запиту займається метод «ValidateWebhookHash» з бібліотеки «Viber.Bot», якому і передається тіло і сигнатура:

В випадку з TelegramController-ом, оброблятися будуть тільки текстові повідомлення і зворотні виклики з клавіатур, що прикріплені до повідомлень:

Для прив'язки облікових записів Telegram до користувачів системи використовується технологія зовнішнього зв'язування («Deep linking»). Спочатку адміністратор видає користувачу посилання спеціального вигляду у форматі «https://telegram.me/trello\_itts\_bot?start={trelloId}», де «trelloId» – ідентифікатор Trello члена команди. Після того, як користувач перейде по посиланню, веб-перехоплювач Telegram ініціює запит до «TelegramController», який буде містити подію надсилання повідомлення з текстом «/start {trelloId}».

Якщо текст повідомлення відповідає шаблону посилання зовнішнього зв'язування, з нього дістається ідентифікатор Trello і ідентифікатор користувача Telegram, після чого ці дані зв'язуються і зберігаються в базу даних:

Після завершення процесу прив'язки система зможе надсилати оповіщення користувачу на його обліковий запис Telegram.

В Viber для прив'язки користувача теж використовується зовнішнє зв'язування і процес є доволі схожим.

Користувачу видається посилання спеціального виду у форматі «viber://pa?chatURI=notificationb0t&context=trelloid{trelloId}», де «chatURI» – посилання на Viber-бота, а «context» – спеціальний параметр зі значенням прив'язки. Коли користувач переходить по цьому посиланню, відкривається розмова з ботом в додатку Viber і веб-перехоплювачем ініціалізується подія «ConversationStarted». Запит з даними приходить на «ViberController», де ці дані будуть оброблятися наступним методом:

Якщо повідомлення відповідає шаблону посилання зовнішнього зв'язування, дістається ідентифікатор Trello з тексту повідомлення і ідентифікатор користувача Viber з тіла запиту, після чого ці дані зв'язуються і зберігаються в базу даних:

Після цього бот надішле користувачу привітальне повідомлення з текстом про успішну або неуспішну прив'язку. Для закінчення прив'язки

користувач повинен надіслати боту будь-яке повідомлення, що ініціює подію підписки на бота. Це особливість платформи Viber. Після завершення процесу прив'язки система зможе надсилати оповіщення користувачу на його обліковий запис Viber.

Іншою функцією цих контролерів є обробка зворотніх викликів з подій натискання кнопок, що прикріплені до повідомлення. Коли користувач активує одну з таких кнопок, на контролери приходять запити з відповідними параметрами контексту і ці запити обробляються відповідними методами.

Робота з додатку з Trello ґрунтується на обробці подій.

Клас «TrelloEventHandlers» містить методи-обробники для всіх необхідних подій.

Додавання учасника до картки

Подія обробляється методом «TrelloEvents\_AddedMemberToCard». Спочатку визначається чи існує в системі користувач, якого було додано як учасника картки:

Якщо користувач існує і з ним наявний хоча б один канал комунікації, з об'єкта даних події дістається назва картки, назва дошки і коротке посилання на картку, і формується кінцеве повідомлення:

Об'єкт «data» представляє собою динамічний об'єкт, десеріалізований з JSON, запити до нього роблять за допомогою спеціальних індексаторів.

Потім перевіряється необхідність повідомити користувача в Telegram і наявність в нього ідентифікатора для зв'язку.

Схожу логіку має і код сповіщення в Viber. До цих повідомлень також додається кнопка «Повідомлений» з даними зворотного зв'язку.

Додавання учасника до дошки

Подія обробляється методом «TrelloEvents\_AddedMemberToBoard». Ця подія має логіку, дуже схожу на попередню. Спочатку визначаємо чи існує в системі користувач, якого було додано як учасника дошки, і чи існують способи зв'язку з ним. Якщо користувач існує і з ним наявний хоча б один канал комунікації, з об'єкта даних події дістається назва картки, назва дошки і коротке посилання на картку, і формується кінцеве повідомлення, яке буде містити назву дошки і коротке посилання на неї. Після чого це повідомлення доставляється адресату доступним способом.

Видалення члена команди

Подія обробляється методом «TrelloEvents\_RemovedFromOrganizationBoard». З даних запиту

дістається ідентифікатор Trello того користувача, якого було видалено, його знаходиться в базі даних і видаляється з існуючої команди:

Додавання нового члена команди:

Подія обробляється методом «TrelloEvents\_AddedMemberToOrganization». З даних запиту дістається ідентифікатор Trello того користувача, якого було додано, і команду, до якої його було додано.

Після цього якщо цей член вже існує в системі, він просто додається до команди, інакше створюється новий користувач.

Додавання і видалення командних дошок

Події додавання і видалення обробляються методами «TrelloEvents\_AddedToOrganizationBoard» і «TrelloEvents RemovedFromOrganizationBoard» відповідно. Якщо дошку було видалено, з даних запиту дістається ідентифікатор Trello цієї дошки, вона знаходиться в базі даних і видаляється з існуючої команди. При додаванні нової дошки логіка складніша. Спочатку витягуються дані про дошку і ця інформація додається в базу даних, а потім на цю дошку встановлюється веб-перехоплювач, щоб система могла її відслідковувати.

Таким чином, обґрунтувань шляхи уніфікації програмної архітектури для роботи з вищезгаданими сервісами. Запропоновано архітектуру системи подій для опрацювання даних, що приходять з Trello, яка дозволяє з легкістю будувати методи обробки різноманітних подій.

Досліджено можливість забезпечення зворотного зв'язку для отримання інформації про степінь виконання задач. Встановлено що такий зв'язок може бути реалізований з допомогою технології веб-перехоплювачів, яка надається платформами Trello, Telegram і Viber.

Розроблені алгоритми зв'язку членів команди з доступними їм каналами комунікації за допомогою технології зовнішнього зв'язування. Розроблено програмний комплекс і практичні рекомендації, що дозволяють вирішити проблему контролю за виконанням задач на кафедрі ІТТС.

### **Список використаних джерел:**

1. Система миттєвого обміну повідомленнями [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_миттєвого\\_обміну\\_повідомленнями](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_миттєвого_обміну_повідомленнями). – [18.05.2018]

2. Telegram [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Telegram> . – [18.05.2018]
3. ASP.NET [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ASP.NET> . – [21.06.2018]
4. REST [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/REST> . – [22.06.2018]
5. Webhook - Wikipedia [Електронний ресурс] // Wikipedia. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Webhook> . – [23.06.2018]
6. API Introduction [Електронний ресурс] // Fog Creek Software. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://developers.trello.com/docs/api-introduction> . – [26.06.2018]
7. Дуров П. В. Telegram Bot API [Електронний ресурс] / Павел Валерьевич Дуров // Telegram LLC. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://core.telegram.org/bots/api> . – [27.06.2018]
8. Джеймс К. Viber REST API | Viber Developers Hub [Електронний ресурс] / Карнаж Джеймс // Rakuten, Inc. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://viber.github.io/docs/api/rest-bot-api/> . – [28.06.2018]

УДК 004.415.2.031.43

## **ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ**

***Крихівський М. В.***

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [pma@nung.edu.ua](mailto:pma@nung.edu.ua), +38 (0342) 72-38-24*

***Анотація.** Діагностування екологічних систем часто пов'язано з оцінюванням змін, особливо, незворотних. Проблема такого діагностування актуальна оскільки раціональне функціонування міст набуває все більшого значення у зв'язку з посиленням антропогенних впливів на навколишнє середовище.*

*У доповіді пропонується підхід для математичного моделювання систем зі змінним складом, який дозволяє порівнювати стани екологічних систем з типовими станами, які досліджені за багатьма показниками та біологічними маркерами. Це дозволяє за допомогою*

методу динамічної декомпозиції розв'язувати задачі моделювання динаміки розвитку міст з урахуванням природоохоронних витрат.

**Abstract.** *Diagnosing ecological systems is often associated with the assessment of changes, especially irreversible. The problem of such a diagnosis is relevant because the rational functioning of cities is becoming increasingly important due to increased anthropogenic impacts on the environment.*

*The report proposes an approach for mathematical modeling of systems with variable composition, which makes it possible to compare the state of ecological systems with typical states that have been studied in many respects and biological markers. This allows using the method of dynamic decomposition to solve the problem of modeling the dynamics of urban development, taking into account environmental costs.*

Діагностування екологічних систем часто пов'язано з оцінюванням змін, особливо незворотних. Проблема такого діагностування актуальна оскільки раціональне функціонування підприємств, міст набуває все більшого значення у зв'язку з посиленням антропогенних впливів на навколишнє середовище. Важливим є можливість використання методу динамічної декомпозиції з метою розв'язування задачі моделювання динаміки розвитку з урахуванням природоохоронних витрат. Системи зі змінною в процесі функціонування структурою характерні для багатьох задач екології та раціонального природокористування.

Для моделювання складних динамічних систем зі змінним складом і структурою пропонується єдиний структурний підхід. Складна динамічна система  $S$ , в структуру якої можуть входити взаємодіючі динамічні системи  $S_1, S_2, \dots, S_n$  в певний момент часу визначається функціями  $\gamma_i(t)$ . Значення  $\gamma_i(t) = 1$ , якщо  $S_i$  в момент часу  $t$  входить в  $S$ , і  $\gamma_i(t) = 0$  в іншому випадку ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Вектор  $\gamma(t) = (\gamma_1(t), \gamma_2(t), \dots, \gamma_n(t))$  є структурою системи  $S$  в момент часу  $t$ .

З метою діагностування змін як зміну біологічних маркерів слід ввести метрику в просторі траєкторій динамічних систем. Вважаючи  $\mathcal{Y}$  множиною всіх можливих структур ( $\gamma \in \mathcal{Y}$ ) метрику  $\rho$  в  $\mathcal{Y}$  визначено як  $\rho(\gamma^{(1)}, \gamma^{(2)}) = \sum_{i=1}^n |\gamma_i^{(1)} - \gamma_i^{(2)}|$ , де  $\gamma^{(j)} = (\gamma_1^{(j)}, \dots, \gamma_n^{(j)}) \in \mathcal{Y}$  і  $j = 1, 2$ .

Система зі структурними змінами повністю визначається множиною  $\{Y(S), \Omega_{Y(S)}, \tau_{Y(S)}, \Phi_{Y(S)}, \Psi_{Y(S)}, \Theta_{Y(S)}\}$ . Елементи цієї множини:  $Y(S)$  – структурний простір системи, тобто простір структур, які система  $S$  може мати в процесі існування ( $Y(S) \subset \mathcal{Y}$ );  $\Omega_{Y(S)} = \{\Omega(\gamma) : \gamma \in Y(S)\}$  – множина фазових просторів  $\Omega(\gamma)$  динамічних систем  $S(\gamma)$ ;  $\tau_{Y(S)} = \{\tau(\gamma) : \gamma \in Y(S)\}$  –

множина розбиттів фазових просторів  $\Omega(\gamma)$ , тобто  $\tau(\gamma) = \{ \Omega_p(\gamma): \Omega(\gamma) = \bigcup_p \Omega_p(\gamma); \Omega_p \cap \Omega_q = \emptyset; p \neq q; p, q \in P(\gamma) \}$  і  $P(\gamma)$  – множина індексів;

$\Phi_{\gamma(S)} = \{S(\gamma): \gamma \in \gamma(S)\}$  – множина динамічних систем  $S(\gamma)$ , що задані в фазових просторах  $\Omega(\gamma)$ ;  $\Psi_{\gamma(S)} = \{\psi_{pq}(\gamma, \gamma')\}$  – множина відображень переходу з  $\Omega_p(\gamma)$  в  $\Omega_q(\gamma') \setminus \Omega_p(\gamma')$  і  $\Omega_p(\gamma)$  – межа  $\Omega_p(\gamma)$ ;  $\Theta_{\gamma(S)} = \{\theta^+_{pq}, p \in P(\gamma), q \in P(\gamma')\}$  – множина функцій часових затримок переходу від структури  $\gamma$  до структури  $\gamma'$ .

Функціонування системи  $S$  описується послідовністю структур  $\{\gamma^{(k)}\}$ . Траєкторія динамічної системи  $S \in X(t, t_0, X_0(\gamma)) = X_0(\gamma) \in \Omega_p(\gamma) \subset \Omega(\gamma)$ . Якщо траєкторія не потрапляє на межу  $\Omega_p(\gamma)$ , то структура при  $t \geq t_0$  залишається незмінною:  $\gamma(t) = \gamma$ . Якщо  $t_p^-$  – перший момент часу такий, що  $X^-(\gamma) = X(t_p^-, t_0, X_0(\gamma)) \in \Omega_p(\gamma)$ , то відображення переходу  $\psi_{pq}(\gamma, \gamma')$ , переводить  $X^-(\gamma)$  в точку  $X_0(\gamma') \in \Omega_q(\gamma') \setminus \Omega_p(\gamma')$ ,  $\gamma' \in \gamma$ ,  $q \in P(\gamma')$  де  $\gamma'$ ,  $q$  залежать від  $\gamma$ ,  $p$ ,  $X^-(\gamma)$ ,  $t_p^-$ . Відображення може бути задано динамічною системою. Далі в момент часу  $t_q^+ = \theta^+_q(\gamma, p, X^-(\gamma), t_p^-) \geq t_p^-$  починає діяти динамічна система  $S(\gamma')$ . При цьому з умови  $t_q^+ \geq t_p^-$  випливає, що при  $t_q^+ > t_p^-$  у проміжку  $(t_p^-, t_q^+)$  відбувається перемикання структури системи, тобто в загальному випадку перемикання відбувається не миттєво. При  $t \in (t_p^-, t_q^+)$ , тобто в режимі перемикання, можливо одне з двох: або система не функціонує, тобто має фіктивну структуру ( $\gamma(t) = (0, 0, \dots, 0)$ ), або  $S$  функціонує, але зберігає структуру  $\gamma$ , тобто відбувається затримка при переході до структури  $\gamma'$ . Режим перемикання може здаватися динамічною системою.

УДК 620.179

## **РОЗРОБКА SCADA-СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ДІАГНОСТУВАННЯ, ВИЯВЛЕННЯ І ВИДАЛЕННЯ МЕТАЛОВКЛЮЧЕНЬ У СИПУЧІЙ СИРОВИНІ**

*Левицький І. Т.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [letis@ukr.net](mailto:letis@ukr.net), +38(0342) 72-71-70*

*Анотація.* В роботі обґрунтовується необхідність розробки системи виявлення і видалення металовключень у сипучій сировині при її

*транспортуванні стрічковим конвеєром, які призводять до виходу з ладу технологічного обладнання та збільшення простоїв.*

*Розглядається SCADA-система для управління процесом виявлення і видалення металовключень у сипучій сировині, наводиться аналіз її основних складових, їх призначення та комунікації між ними, а також основні функції і алгоритми функціонування запропонованої SCADA-системи.*

*Наводиться робоче вікно оператора SCADA-системи, що розроблене в середовищі TIA Portal V14.*

**Abstract.** *The paper substantiates the need to develop a system for detecting and removing metallic impurities in bulk raw materials during its transportation with a belt conveyor, which lead to the failure of process equipment and increased downtime.*

*A SCADA system is considered to control the process of detecting and removing metallic inclusions in bulk materials, provides an analysis of its main components, their purpose and communication between them, as well as the basic functions and algorithms of the proposed SCADA system.*

*The working window of the SCADA system operator developed in the TIA Portal V14 environment is presented.*

Технологічний процес виготовлення керамічних виробів (зокрема цегли, черепиці і інших виробів) в умовах керамічного заводу включає кілька технологічних процесів: видобуток сировини, транспортування, підготовку суміші, формовку, сушку, випалювання, пакування. Однак одним із відповідальних є етап підготовки сировинної суміші, адже саме на цьому етапі з'являється велика ймовірність потрапляння у сировину сторонніх металевих предметів, які спричиняють зниження якості вихідної продукції а також стають причиною виходу з ладу елементів і вузлів технологічного обладнання. І ті і інші причини є основним фактором збільшення собівартості готової продукції і, як наслідок, зниження конкурентноздатності самого підприємства. Окрім цього, вихід з ладу технологічного обладнання спричиняє додаткові простої усієї технологічної лінії і фінансові витрати.

З метою виявлення сторонніх предметів у сировині було розроблено метод і на його основі систему [1,2], яка дозволяє здійснювати виявлення металовключень, визначення їх габаритних і масових характеристик, а також визначати їхнє розміщення вздовж перерізу конвеєрної стрічки. Окрім цього система передбачає можливість видалення металовключень

із конвеєрної лінії. Для інтеграції даної системи у загальнозаводську систему управління технологічним процесом розглядалося три варіанти:

1. Інтеграція системи як індивідуальної системи з можливістю виявлення металовключень, але з відсутністю можливості їх видалення. Система не інтегрується в загальнозаводську систему управління, а тільки виконує роль спостереження. Візуалізація отриманих даних мінімальна. Такий варіант здешевлює впровадження системи але робить її малоінформативною і малоефективною. Перевага такого рішення в дешевизні, але недоліком є низька інформативність і відсутність можливості управління процесом видалення металовключень.

2. Інтеграція системи в існуючу загальнозаводську SCADA-систему управління технологічним процесом поряд з іншими підсистемами і дільницями технологічних ліній. Це обумовлює необхідність модернізації і внесення змін у діючу SCADA-систему, що управляє усією технологічною лінією, а також зміни у програмному забезпеченні контролерів, що задіяні у загальнозаводській системі. Перевагою такого рішення є повна інтеграція. Проте недоліком такої інтеграції є складність її реалізації. Адже виробників систем управління технологічних процесів є велика кількість, як і програмних продуктів для реалізації загальнозаводської SCADA-системи. Окрім цього, широка номенклатура технологічних ліній, їх систем управління вносить додаткові труднощі щодо реалізації даної концепції. Також слід зауважити, що більшість систем управління є закритими до внесення у них будь яких змін і не передбачають під'єднання систем виявлення металовключень.

3. Інтеграція системи виявлення і видалення металовключень як окремої підсистеми поряд із загальнозаводською SCADA- системою управління, але із можливістю часткової організації обміну інформації між ними. Тобто для такого варіанту підсистеми розробляється окрема SCADA-система управління процесом виявлення і видалення металовключень із використанням сучасних програмних засобів розробки. Це дозволяє вносити мінімальні зміни у загальнозаводську систему управління і розширює можливості самої підсистеми виявлення і видалення металовключень, робить її більш інформативною і функціональною. Мінімальний обмін інформацією між загальнозаводською системою і підсистемою виявлення і видалення металовключень є обумовлений тим, що технологічний процес виготовлення керамічних виробів є послідовним і вимагає узгодження в діях при зупинці чи появі нештатної ситуації. Саме цей варіант інтеграції є найбільш ефективним і створює можливість більш глибокого та



гнучкого управління процесом виявлення і видалення металовключень, хоча й потребує достатніх знань і навичок у розробці SCADA-систем.

На рис. 1 зображено запропоновану функціональну схему підсистеми автоматизації процесу виявлення та видалення металовключень у сипучій сировині.

В якості виробника засобів автоматики було обрано світового лідера у виробництві засобів автоматики концерн Siemens. Основою підсистеми є програмований логічний контролер серії S7-1200. До контролера через мережу ProfiNet під'єднані частотний перетворювач Sinamics G120 і операторна панель KTP600. До частотного перетворювача під'єднаний асинхронний електродвигун, що є приводом конвеєрної стрічки і управляється через частотний перетворювач контролером S7-1200. Контролер має можливість здійснювати запуск і зупинку електродвигуна, змінювати його частоту обертання, здійснювати реверс. Основним джерелом інформації для алгоритмічного функціонування контролера і підсистеми в цілому є запатентована система виявлення металовключень [1].

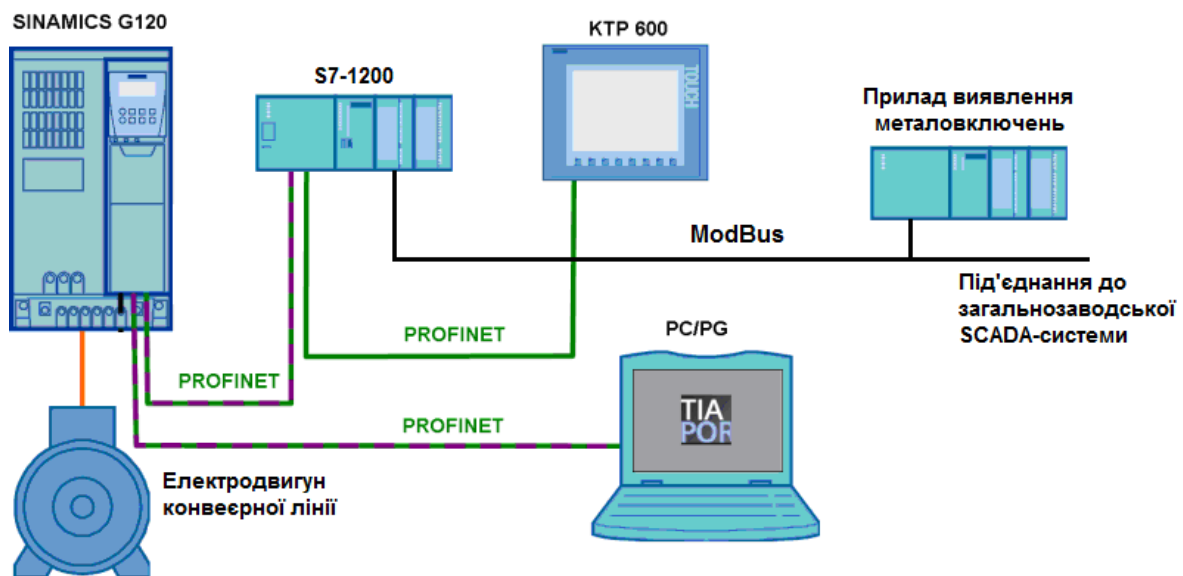


Рисунок 1 – Функціональна схема підсистеми виявлення і видалення металовключень

Завдяки ModBus-протоколу, інформація про наявність, габарити і місце розташування металовключень потрапляє у контролер S7-1200. Там дана інформація передається на операторну панель і персональний комп'ютер для візуалізації і архівування, а також приймається рішення про запуск процесу видалення металовключення в залежності від його розміру. Окрім цього, інформація про зупинку конвеєрної стрічки для

видалення металовключення передається на загальнозаводську SCADA-систему для вироблення нею необхідних дій (пауза, призупинення, зупинка). Окрім цього є можливість передачі інформації про тривалість вимушеної зупинки для більш гнучкої реакції на зупинку.

Наявність панелі КТР600 дозволяє оператору по місцю контролювати підсистему виявлення і видалення металовключень. В системі передбачений персональний комп'ютер, який будучи розміщений в операторній кімнаті, дозволяє в режимі реального часу здійснювати контроль за перебігом процесу виявлення і видалення металовключень із сипучої сировини на стрічковому конвеєрі.

Здійснено розробку програмного забезпечення «нижнього рівня» для контролера S7-1200, для операторної панелі КТР600, а також програмного забезпечення «верхнього рівня» для SCADA-системи (рис.2) у програмному середовищі TIA Portal v14. «Нижній рівень» призначений для алгоритмічного управління підсистемою, а «верхній рівень» служить для візуалізації підконтрольних процесів, а також для реєстрації технологічних параметрів і аварійних станів обладнання. «Нижній рівень» включає алгоритм управління електродвигуном в залежності від умов управління і реакції на появу металовключення та алгоритм видалення металовключення за допомогою реалізації реверсу проміжного конвеєра. Для «верхнього рівня» було розроблено зокрема робочі вікна SCADA-системи в якій візуалізується процес виявлення металовключення. Усі основні події і параметри процесу виявлення металовключень підлягають архівуванню, візуалізації графіків, а сигнали наявності металовключення реєструються у електронному журналі подій та аварійних станів. У SCADA-системі передбачено ручний і автоматичний режим управління, пуск і зупинка основних вузлів.



Рисунок 2 – Робоче вікно оператора SCADA-системи

Запропонована інтеграція системи виявлення і видалення металовключень разом із розробкою SCADA-системи дозволяє більш гнучко управляти процесом виявлення і видалення металовключень, володіє широким функціоналом для представлення і візуалізації отриманої інформації, а також створює нові можливості для розширення функціоналу і адаптації під різноманітні технологічні вузли та агрегати. В плані подальшої модернізації, встановлення і підключення до SCADA-системи сигналу відеотранслятора для візуального спостереження, особливо у випадку потрапляння у сировину крупно габаритних металовключень чи включень із неметалічних матеріалів.

### Список використаної літератури:

1. Патент 106959 України, МПК В07В15/00. Спосіб локалізації та ідентифікації металовключень у сировині на стрічковому конвеєрі та система для його реалізації [Текст] / Заміховський Л. М., Євчук О. В., Левицький І. Т. – заявник і патентовласник. – № а201315542 ; заявл. 30.12.13 ; опубл. 27.10.14, Бюл. № 20.

2. Заміховський Л.М., Левицький І. Т. Система керування механізмом видалення металевих включень в умовах виробництва керамічної цегли [Текст] / Л.М. Заміховський, І.Т. Левицький // Summer InfoCom 2017:

Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 1-2 червня 2017р. – К.: Вид-во ТОВ «Інжиніринг», 2017. – С. 71-72.

УДК 519.711-519.6

## СИМУЛЯЦІЯ РЕЖИМІВ ТЕСТУВАННЯ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ СВЕРДЛОВИН

*Гобир Л. М., Чесановський М. С., Потеряйло Л. О., Шекета В. І.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [vasylsheketa@gmail.com](mailto:vasylsheketa@gmail.com)*

***Анотація.** Проаналізовано основні підходи до автоматизації процесу буріння свердловин на нафту і газ з метою виділення контекстів задач підтримки прийняття рішень щодо вибору та діагностики відповідних релевантних значень контрольованих параметрів. Питання побудови такої системи включає в себе великий перелік питань комп'ютер-базованого контролю для отримання інтелектуальної системи з контрольованими параметрами, що відповідає вимогам вибою свердловини, із архітектурою та дизайном, що дає змогу ефективно поєднувати роботу операторів бурової та аналогічних віддалених центрів корпоративного рівня відповідно.*

*Запропоновано засоби симуляції реальних методологій контролю свердловин. Оскільки час відповіді на корегуючу дію в стовбурі свердловини у випадку нештатної ситуації є ключовим чинником ефективного контролю свердловини в цілому, то використання інтелектуальних систем симуляції керування буріння є високоактуальною задачею для запобігання можливим нештатним ситуаціям в цілому, та важливим чинником діагностики щодо ефективності та безпеки бурових операцій в цілому.*

***Abstract.** The main approaches to automating the process of drilling oil and gas wells are analyzed in order to highlight the contexts of decision support tasks for choosing and diagnosing the relevant values of monitored parameters. The issues of building such a system include a large list of issues based on computer control for obtaining an intelligent system with controlled parameters that meets the requirements of the bottom hole, with architecture*

*and design, which allows you to effectively combine the work of operators of drilling and similar remote centers at the corporate level in accordance.*

*The proposed simulation tools for real well testing methodologies. Since responding to a corrective action in the wellbore in the event of an emergency situation is a key factor in effectively controlling the well as a whole, the use of intelligent drilling control simulation systems is a highly topical task to prevent possible emergency situations in general, and an important factor in diagnosing the efficiency and safety of drilling operations whole.*

**Вступ.** Кожне наступне покоління технологій буріння є більш точним і більш ефективним, менш затратним і більш екологічно чистим та більш безпечним для довкілля. Подальший розвиток нових матеріалів, засобів контролю та мікроконтролю, мікроелектроніки, телекомунікації, комп'ютерних технологій визначатиме також і безпосереднє майбутнє технологій буріння в цілому та їх інтелектуальної складової зокрема[1,2]. Концепція інтелектуалізації буріння виходить далеко за рамки питання чистої автоматизації процесу. Такий підхід включає ряд проектних рішень на основі досить відмінних технологій. Він включає в себе технологічні досягнення в цілому ряді областей, таких як: напрямне буріння, способи вимірювання під час буріння, каротаж під час буріння, вибір розміщення свердловини, спостереження за стовбуром свердловини. Зрозуміло, що саме задачі автоматизації стоять в центрі даного аналізу – від методів контролю тиску до завданням оптимізації роботи з трубами та багатозмінної координації контролю процесу буріння, включаючи керування насосами, штуцерами, дроселями, змішування бурового розчину, обертання бурової колони, задання навантаження на долото.

У випадку, якщо приплив іде способом, який оператор не може регулювати або, навіть, за потреби зупинити, то це означає, що свердловина вийшла із-під контролю. Найбільш небезпечна річ, що може трапитись під час втрати контролю є виникнення викиду. Розрізняють відповідно два типи викидів: поверхневі та на вибої. Така ситуація може загрожувати вогнем, пожежею та вибухом-подібним розвитком подій в підсумку. Викиди трапляються, коли резервуарний флюїд, що видобувається, власне, виривається із свердловини на поверхню, призводячи, зазвичай, до втрати цінного видобувного палива, але така ситуація, крім того, може призвести до руйнування самої бурової установки та загрози життю і безпеці людей (в першу чергу персоналу). Міграція флюїду відбувається за рахунок надвисокого тиску в

підземному резервуарі, що розбурюється, та відносно невисокого тиску в зовнішньому резервуарі відповідно. Це є наслідком різної глибини резервуарів також. Найчастіше маємо справу із викидами на вибої. Проте, така ситуація не призводить до виходу флюїду на поверхню, хоча шкода для довголіття матиме місце. Більш важливою є втрата вуглеводнів, як правило, безповоротна. Тому в кожен період часу, коли існує вірогідність викиду, повинна здійснюватися ґрунтовна перевірка та контроль потоку. Виділяють чотири основні різні та відмінні категорії технік контролю свердловини: метод бурильника; метод очікування і обважування; об'єктний метод підрахунку запасів, метод Bullheading. Основне завдання всіх методів полягає в утриманні вибійного тиску сталим, наскільки це можливо, і рівним або більшим за пластовий тиск. Метод, що найчастіше використовується операторами буріння – метод бурильника, відомий також як метод двох циркуляцій. При такому методі перша циркуляція – це приплив, що циркулює з свердловини, а в другій циркуляції – обважений буровий розчин для глушіння свердловини закачується в свердловину з метою отримання контролю над формацією породи. Обваженим вважається розчин із необхідною вагою для відновлення ситуації надбалансу. В бурових операціях флюїди, які містяться в порових просторах формації, знаходяться відповідно під тиском, що збалансовується більшим тиском бурового розчину в середині стовбура свердловини. Якщо тиск в стовбурі із певних причин падає нижче за поровий тиск, тоді говорять про недобалансований сценарій, що означатиме приплив формаційного флюїду. Така подія інтерпретується також як вид викиду в формі гідравлічного удару. Таким чином, впроваджуючи новітні стандарти в процесі розвідки і розробки нафтогазова інженерія зможе отримувати суттєво більше інформації про процес буріння. Використовуючи автоматизовані методи контролю тиску, стає можливим виконання буріння з відчутною різницею тисків, а також стає можливим вирішенням ряду проблем, які включають приватні операції, також дозволяють максимально усунути непродуктивний час шляхом використання значно простіших інструментів на вибої і високотехнічних доліт з інтелектуальними функціями відповідно. Буровий розчин покликаний забезпечувати та утримувати відповідну гідростатичну колону флюїдного тиску для встановлення відповідної противаги (контрбалансу) поровим флюїдом, яким насичена порода. Хоча, як уже вказувалося, в стовбурі свердловини можуть виникати відповідні викиди, що означає, що пластові флюїди можуть проникати в стовбур свердловини, порушуючи баланс системи і виштовхуючи

буровий розчин в середину бурової колони, відкриваючи верх стовбура і, відповідно, поверхневе обладнання для високого тиску із низу свердловини. Якщо параметр руху флюїду стає неконтрольованим, то ми отримаємо відповідний викид, тобто ситуацію, в якій пластовий флюїд іде до поверхні неконтрольованим чином. Наслідки викиду можуть бути дуже небажаними: фізичні загрози персоналу, часткова або повна втрата резервуару (покладу), тотальне забруднення, шкода довкіллю. Наявність механічних пристроїв, таких як індикатор рівня резервуару або вимірник потоку бурового розчину дадуть змогу повідомляти про аварійну ситуацію, який повідомлятиме буровий персонал, що має місце приплив. Виходячи із даної причини, запобігання викидів повинно бути ініційоване для призупинення викидів від досягнення ними поверхні. Такі запобіжники в своїй основі являють собою клапани високого тиску, що запечатують верх свердловини і регулюють потік на поверхню. Для мінімізації кількості припливу флюїду, що поступає в стовбур свердловини, і кількості бурового розчину, що відповідно виштовхується із затрубного простору – все це вимагає негайних дій у випадку, як тільки виявлено приплив. Оскільки запобіжники викидів розміщені на одній свердловині, то необхідно використовувати водовіддільну колону, що є, власне, видом з'єднувальної труби. Такі водовіддільні колони складаються із основних труб малого тиску вздовж допоміжної лінії, яка несе відповідно штуцери (дроселі) високого тиску і підводить також буровий розчин для глушіння свердловини із встановленими запобіжниками викидів. Також необхідне підведення силових та контрольних ліній для роботи запобіжників викидів.

Основна частина. Рівень автоматизації об'єктів буріння неухильно зростає із кожним роком. Системи автоматизації стають невід'ємно суттєвим елементом для загальної безпеки, надійності і функціонування технологічного процесу в цілому. Для бурового обладнання питання верифікації та класифікації структур і механічних систем в цілому, є вже усталеними та відпрацьованими в реальному технологічному часі. Проте, зростаючий рівень використання комп'ютерних систем контролю ще не досяг можливостей відповідного тестування та верифікації в режимах реального часу. Враховуючи загальний надвисокий рівень комплектності тестування таких систем в реальному часі на промислових об'єктах може представляти загалом високі ризики, оскільки такі системи містять критичну з погляду безпеки функціональність щодо керування збоями (нештатними ситуаціями технологічного процесу). Тому тестування відбувається згідно з схемою, представленою на рисунку 1.

Буріння в режимі «недобалансу» є одним із методів буріння в процесі якого буровий розчин циркулює під час буріння і тиск в системі бурового розчину плюс тиск нагнітання, що створюється насосом, має бути меншим за тиск формації гірської породи (пластового тиску). Висота стовпу бурового розчину і, власне, густина самого розчину може змінюватися багатьма способами під час нормального перебігу бурових операцій. Тому, необхідно моніторити рівень обваженості бурового розчину для гарантування коректної густини бурового розчину, що закачується в свердловину. Основні функції бурового розчину такі:

1) справляти гідростатичний тиск на формацію породи з метою запобігання небажаного припливу флюїду і для стабілізації стінок свердловини;

2) очищення свердловини і транспортування бурових уламків, що утворюються внизу свердловини, на поверхню;

3) охолодження та лубрикація бурільної колони і бурового долота відповідно;

4) робота як рушій, що задає додаткове зусилля на долото під час самого буріння і створення ексцентричного зусилля в силовій секції мотора, який виконує передачу концентричного зусилля в силовій секції мотора, що здійснює передачу концентричного зусилля на бурове долото. Під час бурових операцій об'єм флюїду, що закачується в свердловину, повинен дорівнювати об'єму бурового розчину, що повертається.

Коли насоси зупиняються, то флюїд не повинен іти далі з свердловини і також рівень бурового розчину не повинен впасти нижче заданої відмітки для бурового розчину.

Тест здійснюється шляхом створення замкненого обводу, в якому комп'ютерна система контролю і, відповідно, операторна станція (робоче місце оператора) є під'єднаним до симулятора реального часу. Таке віртуальне середовище повинно бути здатним симулювати реальне технологічне оточення таким чином, що система контролю може функціонувати цілком нормально, не помічаючи жодної якісної різниці, порівняно із під'єднанням до реальної системи промислового буріння. При такій конфігурації, система контролю може бути відтестована шляхом симуляції реальних операцій та функціональності, а також симуляції виникнення, відповідно, можливих нештатних ситуацій.



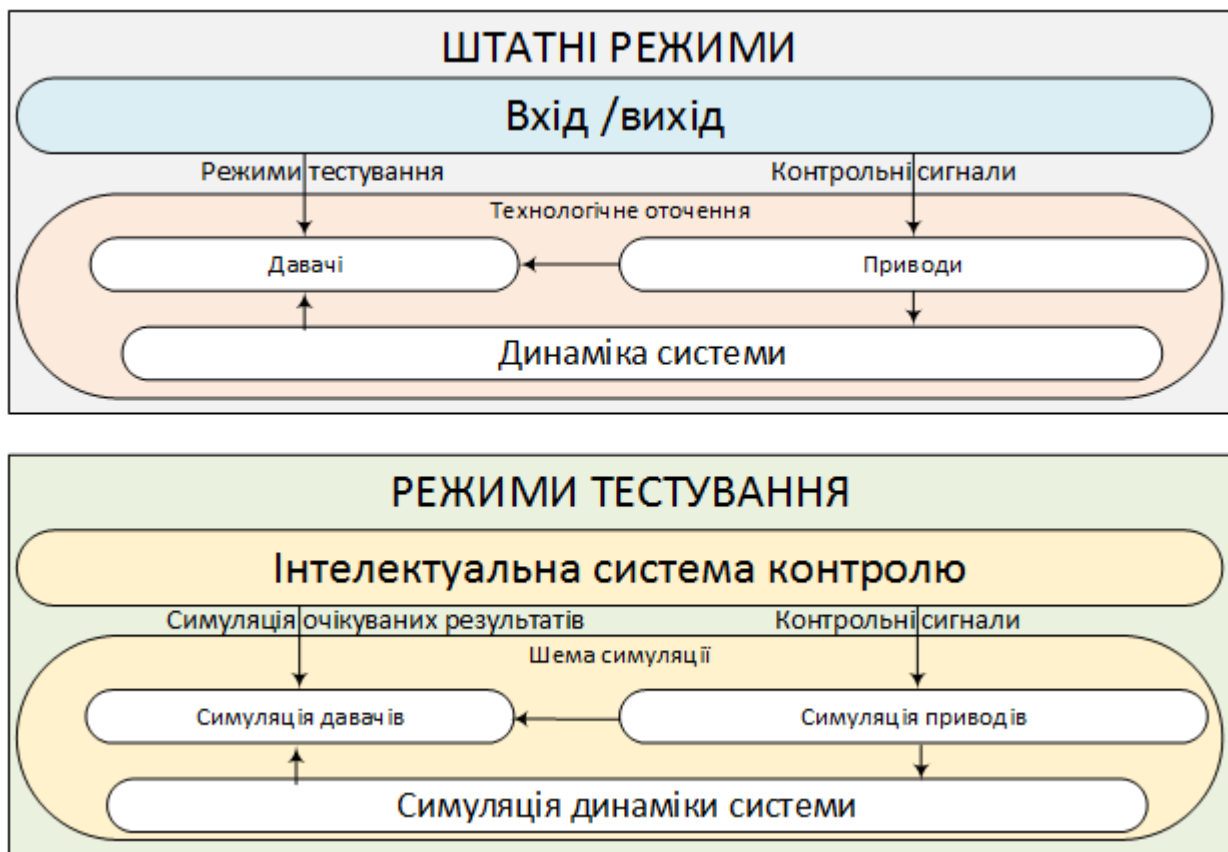


Рисунок 1 – Симуляція системного оточення

Таким чином, систему контролю слід розглядати як чорний ящик, для якого цілком не обов'язкове знання та розуміння внутрішньої суті функціонування, а також аналізу програмного коду, що лежить в основі. Особливо важливим є встановлення приватного діапазону тестування (області тестування), для чого необхідний функціональний опис системи контролю. Крім того, необхідні детальні дані щодо контролю системи вводу-виводу і, власне, ґрунтовне розуміння того, що саме контролюється системою. Все це є важливо для побудови технологічного і корисного симулятора, а також детальних інструкцій для оператора технологічної системи контролю, діаграми відповідних станів, листів даних із значеннями параметрів, інструкцій із забезпечення необхідної підтримки системи, списку надзвичайних та нештатних ситуацій та всіх доступних технологічних описів загалом. Тестування на основі симулятора є загалом ефективним інструментом для представлення всієї потужності і, відповідно, роботостійкості системи контролю та її програмного забезпечення. Такий вид тестування повною мірою забезпечує системність тестування таких важливих складових системи контролю як загальний дизайн і філософія, функціональність, виконуваність і можливість системи щодо вирішення нештатних ситуацій

та проблем, як в нормальному режимі, так і в умовах оперування, які не були передбачені початковим дизайном і виконуються в віртуальному режимі, де, власне, немає ризиків для персоналу та обладнання в цілому. В той же час, проєктовані зовнішні симуляційно-віртуальні засоби тестування не заміняють активності щодо внутрішніх засобів тестування. Обидва даних підходи є важливими для досягнення відповідного рівня якості проєктованого програмного рішення і також досягнення відповідності стандартам критичної безпеки для систем контролю.

Симулятор використовує математичні моделі для відтворення технологічного оточення роботи системи контролю і відповідних пристроїв також. Такі моделі можуть включати комплексні динамічні рівняння з метою правдоподібної симуляції роботи давачів та приводів (actuators). Тим не менше, комплектність моделей повинна бути достатньою, щоб уможливити достатньо реалістичну взаємодію з комп'ютерною системою контролю відповідно до вимог програми тестування, що запитується замовником. Симулятор, відповідно, оперує в реальному часі в замкненому контурі через комунікаційні лінки з комп'ютерною системою контролю та інтерфейсом користувача із заданою основною ціллю, що полягає в забезпеченні реалістичних та ефективних тестів як з точки зору функціональності системи контролю, так і з точки зору інтеграції проєктованої автоматизованої системи в єдину цілісну архітектуру рішень. Вони, власне, ексклюзивно розроблені і сконфігуровані відповідно до числових середовищ і обладнання з метою симуляції реальної предметної області і, таким чином, створюючи відповідно симуляцію для цільової системи контролю. Висновки. Безперечними перевагами представленого способу тестування є:

1. тестування самого програмного забезпечення може здійснюватися під час етапів проєктування, що робить можливим екстенсивне тестування задовго до настання продукційного дедлайну відповідно;
2. тестування нештатних ситуацій та технологічних ситуацій не передбачених початковим дизайном, дозволяє зробити процес простішим, безпечнішим і, відповідно, дешевшим на порядок;
3. уникнення пошкоджень обладнання в умовах «реальних» спроб та помилок ;
4. зменшення часу вирішення нештатних ситуацій в реальних умовах буріння завдяки наявності відповідно досконалих процедур тестування, що були виконані відповідно до попередньої;
5. можливість виконання тестування на точних копіях апаратного забезпечення в умовах лабораторії, коли фактичне апаратне

забезпечення, що використовується відповідно в польових умовах, є недоступним. Також забезпечується інтеграція систем контролю від кількох виробників.

### Список використаної літератури:

1. Шекета В.І. Оцінка факторів, що впливають на контрольовані параметри процесу прийняття рішень щодо умов та режимів буріння. / Шекета В.І., Чесановський М.С. // Всеукраїнський науково-технічний журнал “Нафтогазова енергетика”. – 2017. – №2(28).– С. 119-128

2. Чесановський М.С. Особливості контролю параметрів процесу буріння в контексті підтримки прийняття релевантних рішень / Чесановський М.С., Шекета В.І., Процюк В.В. // Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал “Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ”. – 2018. – №1(66).– С. 92-100.

УДК 628-664.014/019

## ДАВАЧ МУТНОСТІ ВОДИ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕНОСТІ РІЧКОВИХ ВОД

*Дмитрієв Ю.О.<sup>1</sup>, Заміховська О.Л.<sup>2</sup>, Липка С.Я.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна,

<sup>2</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна,

e-mail: [elena zam@ukr.net](mailto:elena zam@ukr.net), +38 (0342)72-71-70

**Анотація.** Розглядається конструкція і принцип роботи давача мутності води, який є функціональною складовою системи автоматичного контролю забрудненості річкових вод, що розроблена для КП «Івано-Франківськводоекотехпром».

**Abstract.** The design and principle of operation of the turbidity sensor, which is a functional component of the automatic control system of river water pollution, developed for the Ivano-Frankivskvodoeotechprom, is considered.

Мутність - технічний термін, що характеризує зменшення прозорості води внаслідок наявності в ній нерозчинних і колоїдних речовин

неорганічного та органічного походження, а також внаслідок розвитку планктонних організмів.

Каламутність часто вказує на наявність у воді піску, глини, неорганічних сполук (гідроксиду алюмінію, карбонатів різних металів), а також органічних домішок або живих істот, наприклад бактерій, фіто - чи зоопланктону.

Вимірювання мутності води є важливим етапом перевірки її якості [1,2,3], оскільки це один з методів визначення того, чи можна безпечно вживати її, бо як відомо, хвороботворні мікроорганізми, шкідливі для здоров'я людини, можуть знаходитись у каламутній воді [4].

Збільшення мутності води, що надходить на водоочисні споруди, призводить до збільшення кількості коагулянту для її очистки, що впливає на собівартість технологічного процесу очистки води. У зв'язку з цим актуальною є задача подачі води з водозаборів на очисні споруди якомога меншої мутності, що вимагає її вимірювання за допомогою давача мутності.

Одним із основних елементів системи автоматичного контролю забрудненості річкових вод, що розроблена для КП «Івано-Франківськводокотехпром» [5], є давач мутності. Враховуючи значну вартість давачів мутності закордонних виробників була проведена розробка давача в основу якого покладено авторське свідоцтво СРСР №690170 [6].

Конструктивно давач мутності (мутномір) складається безпосередньо з самого давача і вимірювального пристрою.

Мутномір 2-х каналний і складається з вимірювального та опорного каналів та являє собою єдину конструкцію, що містить (рис. 1) джерело світла ДС, лінзу Л, вимірювальні проточні кювети К, фотоприймачі  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$ , вимірювальний підсилювач ВП і підсилювач потужності ПП. Фотоприймачі  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$  вимірювального і опорного каналів, розташовані під різними, нерівними нулю і один одному, кутами  $\alpha$  і  $\beta$  щодо осі падаючого світлового потоку.

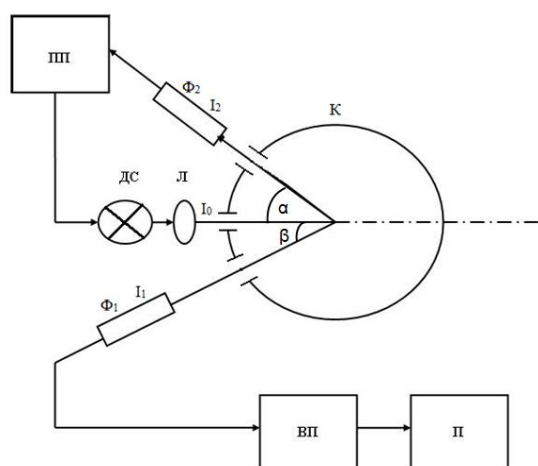


Рисунок 1 – Структурна схема давача мутності

Перетворювач П перетворює електричний сигнал з виходу вимірюваного підсилювача ВП в зручний для оператора вид.

Опорний канал охоплений від'ємним зворотнім зв'язком (рис.1). Розсіяне, від падаючого на вимірюване середовище (каламутна вода), світло потрапляє на фотоприймач  $\Phi_2$  і перетворюється в електричний струм, який підсилюється ПП і надходить до ДС. Джерело світла ДС, в якості якого використовується лампа розжарювання потужністю 8-10 Вт (наприклад, автомобільна лампа), за допомогою лінзи Л перетворює струм в направлений світловий потік.

Від'ємний зворотній зв'язок управляє світловим потоком, падаючим на вимірювальне середовище, в зворотному до дії збурення напрямку. Тобто, якщо збільшується інтенсивність розсіяного світла, що падає на фотоприймач  $\Phi_2$ , то напруга, що надходить до ДС, спадає, а при зменшенні інтенсивності розсіяного світла - збільшується. Таким чином, підтримується сталість інтенсивності розсіяного світла, що надходить на фотоприймач  $\Phi_2$ .

На відміну від інших методів вимірювання мутності, де порівняння, при застосуванні зворотного зв'язку, здійснюється: по світлу, що проходить, по фотоструму фотоприймача або по вимірювальному мосту, в даному випадку порівняння здійснюється по самому вимірюваному середовищі, що дозволяє різко поліпшити метрологічні характеристики давача мутності, що розробляється.

У зв'язку з тим, що інтенсивності розсіяного світла, яке надходить на фотоприймачі  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$ , пов'язані один з одним загальним падаючим на вимірюване середовище світлом з інтенсивністю  $I_0$ , то, при наявності глибокого від'ємного зворотного зв'язку, вимірювальна інформація про

неоднорідність (чутливість) вимірюваного середовища є часткою від ділення інтенсивності розсіяного світла  $I_1$  і  $I_2$ .

Інтенсивність розсіяного світла  $I_1$ , що надходить на фотоприймач  $\Phi_1$ , який розташований під кутом  $\alpha$ , щодо осі падаючого на вимірюване середовище світла, рівна:

$$I_1 = I_0 \times K_\alpha \quad (1)$$

Інтенсивність розсіяного світла  $I_2$ , що надходить на фотоприймач  $\Phi_2$ , який розташований під кутом  $\beta$ , відповідно, буде:

$$I_2 = I_0 \times K_\beta \quad (2)$$

де:  $I_0$  – інтенсивність падаючого на вимірюване середовище світла;

$K_\alpha$  - коефіцієнт перетворення інтенсивності розсіяного світла, що поширюється під кутом  $\alpha$ ;

$K_\beta$  - коефіцієнт перетворення інтенсивності розсіяного світла, що поширюється під кутом  $\beta$ .

В силу того, що інтенсивність розсіяного світла, яке надходить на фотоприймач  $\Phi_2$ , підтримується постійною, можна записати:  $I_2 = \text{const}$ .

Враховуючи, що управління зворотним зв'язком здійснюється за допомогою зміни напруги живлення ДС (див. рис. 1), то змінною величиною є інтенсивність світла, що падає на вимірюване середовище  $I_0$ , тобто :

$$I_0 = I_2 / K_\beta \quad (3)$$

Підставивши вираз (3) в вираз (1) отримаємо:

$$I_1 = (I_2 \times K_\alpha) / K_\beta \quad (4)$$

Отже, формула перетворення давача, побудованого на даному методі, визначається виразом:

$$Y = I_1 / I_2 \quad (5)$$

Формула перетворення давача з вимірювальним приладом визначається виразом:

$$Y = K_\alpha / K_\beta - I.$$

Вимірювальні параметри давачів мутності (мутномірів), побудованих на основі описаного методу, не залежать від кольоровості і щільності вимірювальних середовищ.

На рис. 2 показана індикатриса розсіяння світла (крива, що графічно відображує відмінність в інтенсивностях світла, розсіяного у різних напрямках), яка найчастіше має місце в реальних середовищах.

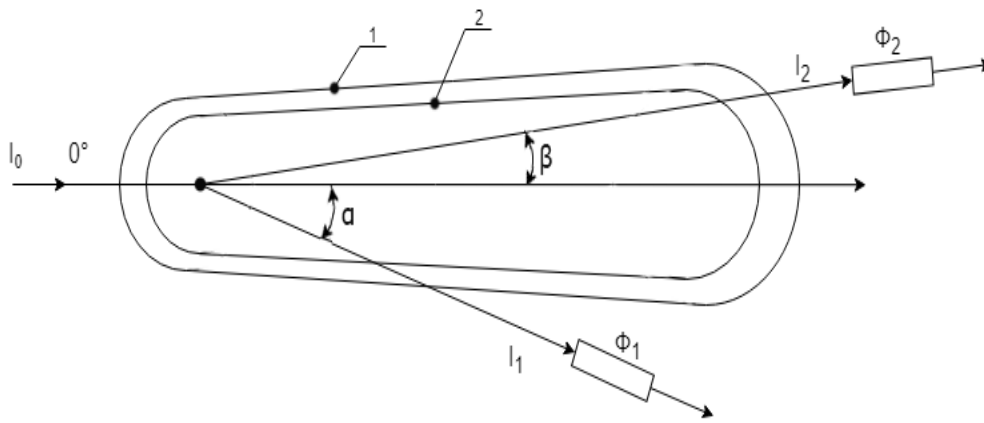


Рисунок 2 - Індикатриси розсіяння світла

У разі зміни щільності або кольоровості вимірювального середовища, чи їх одночасної зміни, змінюються інтенсивності розсіяного світла  $I_1$  і  $I_2$ , що надходять на фотоприймачі  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$  відповідно. При цьому форма індикатриси розсіяння 1 і 2 (рис.2) не змінюється, а відбувається прямопропорційна зміна інтенсивності розсіяного світла  $I_1$  і  $I_2$ .

З врахуванням (5) при зміні однорідності (каламутності) вимірювального середовища (річкової води) форма індикатриси розсіяння зміниться (рис. 3), тобто порушиться пропорційність зміни інтенсивності розсіяного світла  $I_1$  і  $I_2$ , що призведе до отримання вимірювальної інформації (індикатриси розсіяння 1 і 2 на рис. 3).

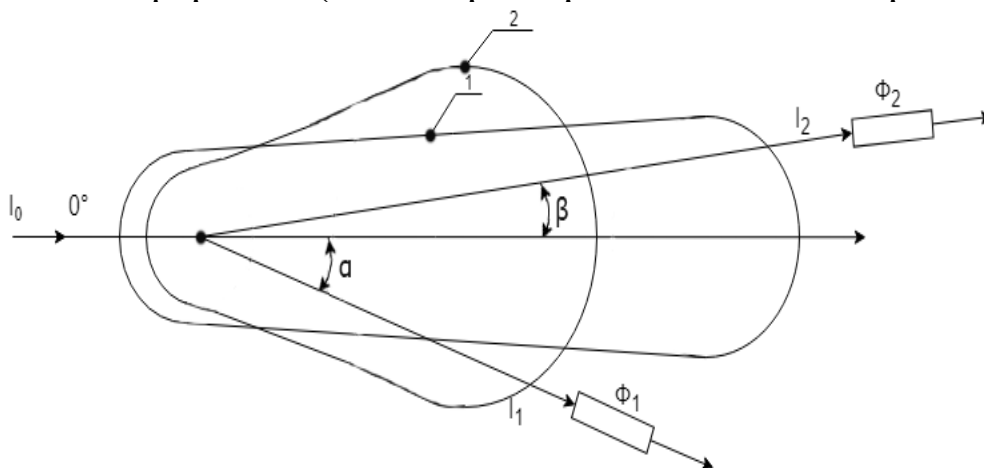


Рисунок 3 – Індикатриси розсіяння світла при зміні каламутності води

На основі розглянутого методу вимірювання каламутності вимірювальних середовищ можуть бути побудовані давачі мутності, як в напрямку прямого розсіяння так і в напрямку зворотного розсіяння (рис. 1).

Перевагами таких давачів мутності є мала собівартість їх виготовлення; високі метрологічні параметри давачів; висока

відтворюваність в часі проточних давачів мутності, що працюють в потоці, не вимагає калібрування протягом усього періоду експлуатації. При цьому досить промивок, передбачених технологічними вимогами виробництв; лінійність характеристики у всьому діапазоні вимірювань та простота конструкції давача.

### **Список використаної літератури:**

1. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности (с Изменением N 1)
2. ДСТУ ISO 7027-2003. Якість води. Визначання каламутност (ISO 7027:1999, IDT)
3. EN 13052-1:2001 Вплив речовин в воді, призначеної для споживання людиною. Органічні речовини. Визначення забарвленості та каламутності води в трубопровідних системах – 1: Метод випробування
4. Туровська Г. І. Інтенсифікація роботи споруд очищення малокаламутних кольорових вод шляхом використання біопоглиначів : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.04 / Г. І. Туровська; Укр. держ. ун-т вод. госп-ва та природокористування. - Рівне, 2003. - 18 с.
5. Заміховський Л. М. Система керування виконавчими механізмами водозабірних станцій на основі параметрів мутності [Текст] / Л.М. Заміховський, М.Я. Николайчук, І.Т. Левицький // Summer InfoCom 2016: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 1-2 грудня 2016р. – К.: Вид-во ТОВ «Інжиніринг», 2016. – С. 51-52.
6. Данильчук Н.М., Дмитриев Ю.А. и др. "Устройство для определения концентрации взвесей в окрашенных средах". а.с.№690170, СССР Бюллетень №46 от 15.12.81 г.

УДК 681.516.75

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕТАЛОНОМ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ**

*Николайчук М. Я., Гедзик Д.Я., Середюк В.В.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,  
e-mail: ktsu@nung.edu.ua.*



**Анотація.** Побудова сучасних систем керування технологічними об'єктами передбачає багаторівневу структуру - від рівня первинних перетворювачів фізичних величин до рівня SCADA-систем.

Система керування еталоном об'ємної витрати газу реалізована на базі апаратно-програмних засобів Simatic S7 (PLC S7-1200 і TIA Portal V14).

Для суттєвого пришвидшення розробки і вводу в експлуатацію системи керування еталоном об'ємної витрати газу, попереднього тестування проектних рішень і алгоритмів, в межах системи реалізовано імітаційний режим роботи.

Для організації імітаційного режиму роботи використано інструментарій SCADA-системи і на основі аналізу алгоритму функціонування системи керування створено базу даних, визначено типи і діапазони імітаційних сигналів.

В результаті імітаційного моделювання, досліджено інформаційні процеси в системі керування з витратомірними імпульсними перетворювачами, що дозволило оптимально сконфігурувати апаратно-програмні засоби і мережеву топологію, протестувати алгоритми роботи і функціональність SCADA-системи (людино-машинний інтерфейс, підсистему архівування, підсистему сигналізації, комунікаційне середовище, підсистему адміністрування).

Результати дослідно-конструкторських робіт на основі уніфікованого інструментарію для побудови систем керування з функцією імітаційного режиму роботи можуть також ефективно використовуватись для вирішення задач прототипування складних автоматизованих систем керування.

**Abstract.** The construction of modern control systems for technological objects provides a multi-level structure - from the level of primary transducers of physical quantities to the level of SCADA-systems.

The system for controlling the standard gas flow rate is implemented on the basis of the Simatic S7 hardware and software (PLC S7-1200 and TIA Portal V14).

To significantly accelerate the development and commissioning of a system for controlling the standard of gas flow rate, preliminary testing of design solutions and algorithms, a simulation mode has been implemented as part of the system.

To organize the simulation mode of operation, the SCADA system tools were used and, based on the analysis of the control system operation

*algorithm, a database was created, the types and ranges of simulation signals were determined.*

*As a result of simulation modeling, information processes in a control system with flow meters using pulse converters were studied, which allowed optimally setting up hardware and software and network topology, testing operation algorithms and SCADA system functionality (human-machine interface, archiving subsystem, signaling subsystem, communication environment administration subsystem).*

*The results of development work based on a unified toolkit for building control systems with the function of a simulation mode of operation can also be effectively used to solve the problems of prototyping complex automated control systems.*

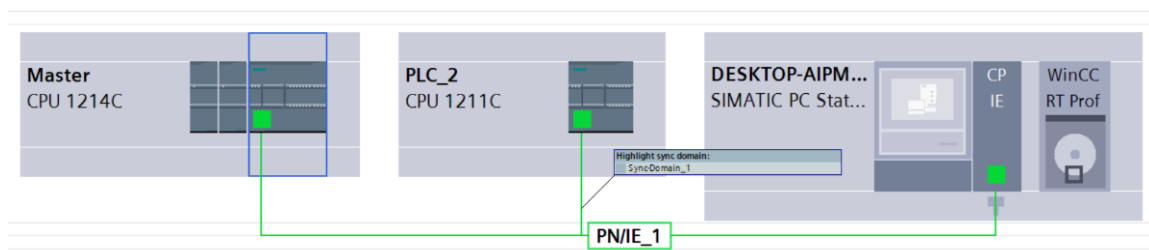
Побудова сучасних систем керування технологічними об'єктами передбачає багаторівневу структуру - від рівня первинних перетворювачів фізичних величин до рівня SCADA-систем.

Система керування еталоном об'ємної витрати газу реалізована на базі апаратно-програмних засобів Simatic S7 (PLC S7-1200 і TIA Portal V14 SP1) [1, 2].

Для суттєвого пришвидшення розробки і вводу в експлуатацію системи керування еталоном об'ємної витрати газу, попереднього тестування проектних рішень і алгоритмів, в межах системи реалізовано імітаційний режим роботи.

Для організації імітаційного режиму роботи використано інструментарій SCADA WinCC\TIA Portal [3] і на основі аналізу алгоритму функціонування системи керування створено базу даних, визначено типи і діапазони імітаційних сигналів.

На рис. 1 наведено функціональну схему системи керування еталоном об'ємної витрати газу на базі PLC S7-1200 з підтримкою швидкісних лічильників HSC (High Speed Counter) в програмному пакеті TIA Portal V14 SP1.



CPU 1214C і CPU 1211C – PLC (Simatic S7 Programmable Logic Controller); SIMATIC PC Station – робоча станція на базі PC; CP Industrial Ethernet – комунікаційний процесор; WinCC RT Professional – SCADA.

## Рисунок 1 - Функціональна схема системи керування еталоном об'ємної витрати газу на базі PLC S7-1200 з підтримкою HSC (High Speed Counter) в програмному пакеті TIA Portal V14 SP1

Для роботи зі швидкісними лічильниками застосовано програмний блок CTRL\_HSC\_EXT з інструментарію «Technology» (рис. 2) [4].

з інструментарію «Technology»

Система керування еталоном об'ємної витрати газу має розширену функціональність за рахунок реалізованого в ній імітаційного режиму.

На рис. 3 наведено одну з розроблених мнемосхем «ГОЛОВНА», що включає меню режимів роботи (РУЧН. РЕЖИМ, АВТ. РЕЖИМ та ІМІТАЦ. РЕЖИМ).

Імітаційний режим передбачає всновлення та зміну наступних параметрів:

- температури газу в еталонних і повірочному витратомірах T, град. С;
- перепади тиску і тиск газу в еталонних і повірочному витратомірних контурах dP і P, кПа;

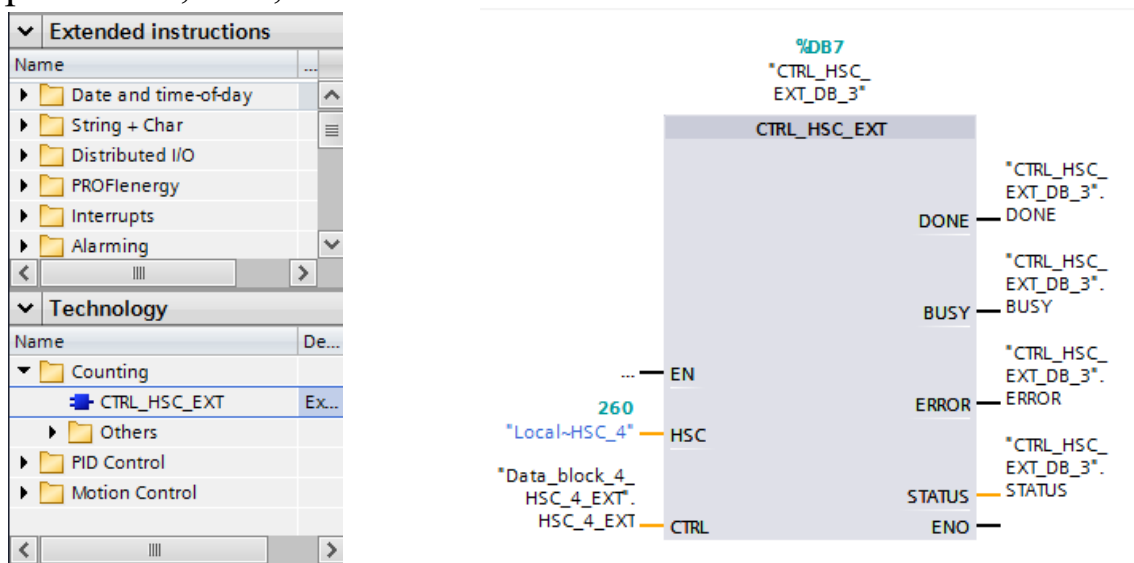


Рисунок 2 – Програмний блок швидкісного лічильника CTRL\_HSC\_EXT

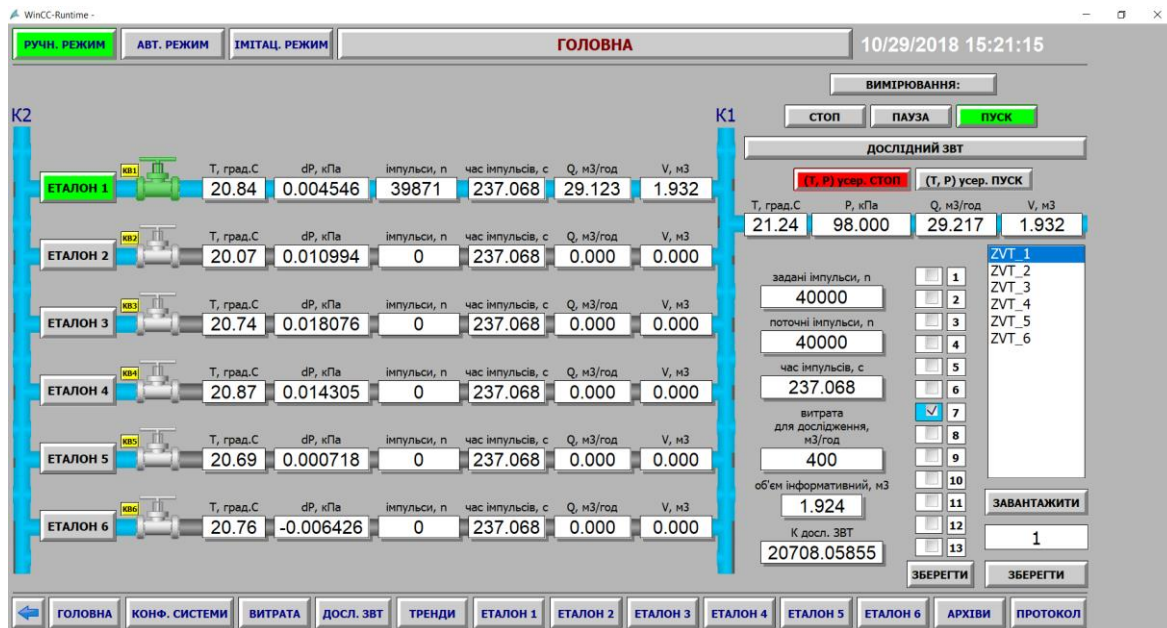


Рисунок 3 – Мнемосхема системи «ГОЛОВНА» з ручним, автоматичним та імітаційним режимами роботи

- кількість заданих і вихідних нормованих імпульсів з еталонних і повірного витратомірів  $n$ ;

- час сканування заданого числа імпульсів,  $c$ .

Відповідно до встановлених шляхом імітації вхідних технологічних параметрів системи, розраховуються наступні вихідні параметри:

- витрата газу в еталонних і повірному витратомірних контурах  $Q$ ,  $m^3/год$ ;

- об'єм прокачаного газу в еталонних і повірному витратомірних контурах  $V$ ,  $m^3$ ;

- коефіцієнт, що визначає відповідність повірного витратоміра встановленим нормам до точності,  $K$ .

На рис. 4 наведено мнемосхему «КОНФІГУРАЦІЯ СИСТЕМИ» для визначення конфігурації еталонних витратомірів (ЕТАЛОН 1 – ЕТАЛОН 6), витрати газу (ВИТРАТА,  $m^3/год$ ), заданого числа імпульсів повірного витратоміра (ІМПУЛЬСИ,  $n$ ) та межі тиску на якому проводиться вимірювання (0.1, 0.8 і 1.6 МПа).

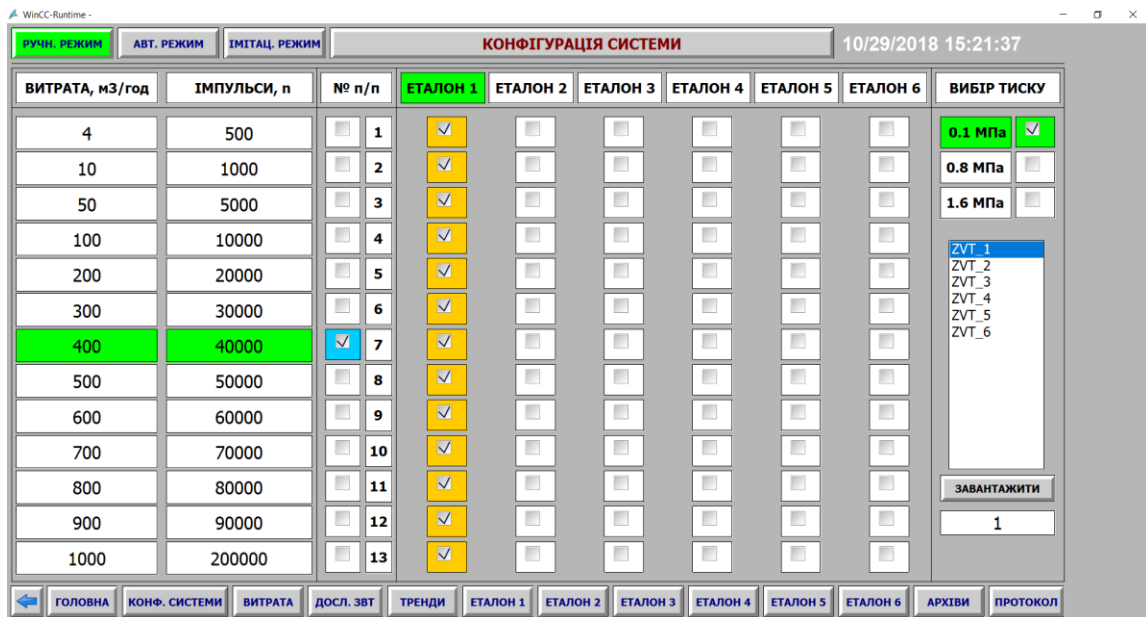


Рисунок 4 –Мнемосхема «КОНФІГУРАЦІЯ СИСТЕМИ»

Крім того, для системи керування еталоном об'ємної витрати газу організовано два способи роботи в імітаційному режимі:

- з імітацією вхідних технологічних параметрів на діючій установці еталону об'ємної витрати газу;
- з імітацією вхідних технологічних параметрів і функціонуванням всієї системи керування в симуляторі Simatic PLCSIM V14 SP1 [5].

Для експорту даних із мнемосхем системи керування у файли MS Excel, розроблено алгоритм (рис. 5) на основі VBA-script (Visual Basic for Applications), що дозволяє звертатися до всіх об'єктів WinCC Graphics Designer, тегів, повідомлень, архівів і текстових елементів. В той же час, можливим є доступ до об'єктних моделей додатків інших виробників (в тому числі MS Office).

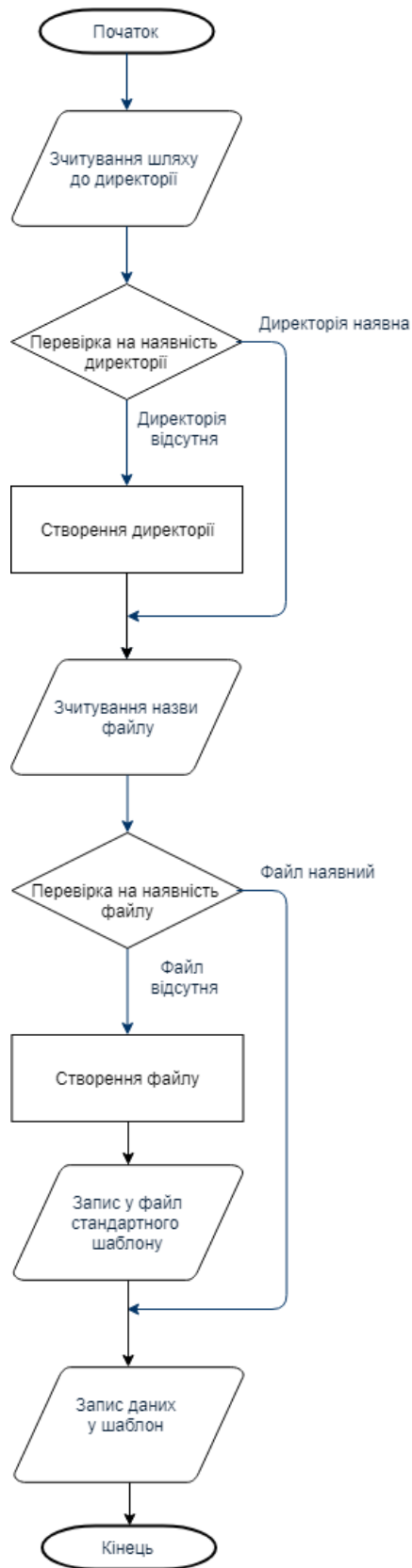


Рисунок 5 – Алгоритм експорту даних зі SCADA WinCC у файли MS Excel

Реалізація вищенаведеного алгоритму виконується, як окрема

функція, що включається в дерево проекту SCADA WinCC\TIA Portal.

Результат трансляції даних зі SCADA WinCC\TIA Portal в MS Excel на основі розробленого VBA-script наведено на рис. 6.

1	А	В	С	Д	Е	F
1	Параметр	Значення	Витрата(м3/год)	К дослідж. ZVT	Похибка(%)	
2	Заводський номер	3403318541	4	20764.82892	0.12107	
3	Тиск (МПа)	1.6	10	20745.89746	-0.21213	
4	Тип	роторний	50	20725.52385	-0.31013	
5	Виробник	ITRON	100	20715.89496	-0.35645	
6	Рік виготовлення	2018	200	20712.35423	-0.37348	
7	Типорозмір	G 100	300	20710.54984	-0.38216	
8	Замовник	ІФДЦСМС	400	20708.05855	-0.39414	
9	Коефіцієнт номін.	20790	500	0	-100	
10			600	0	-100	
11			700	0	-100	
12			800	0	-100	
13	Температура(град.С)	21.08	900	0	-100	
14	Тиск (кПа)	98	1000	0	-100	
15						

Рисунок 6 – Результат трансляції даних зі SCADA WinCC\TIA Portal в MS Excel на основі VBA-script

В результаті імітаційного моделювання, досліджено інформаційні процеси в системі керування з витратомірними імпульсними перетворювачами, що дозволило оптимально сконфігурувати апаратно-програмні засоби і мережеву топологію, протестувати алгоритми роботи і функціональність SCADA-системи (людино-машинний інтерфейс, підсистему архівування, підсистему сигналізацій, комунікаційне середовище, підсистему адміністрування).

Розроблено алгоритм трансляції даних зі SCADA WinCC\TIA Portal в MS Excel на основі VBA-script, що уніфікує процедури доступу до даних для їх подальшої передачі, збереження і обробки.

Результати дослідно-конструкторських робіт на основі уніфікованого інструментарію для побудови систем керування з функцією імітаційного режиму роботи можуть ефективно використовуватись для вирішення задач прототипування складних автоматизованих систем керування.

### Список використаної літератури:

1. SIMATIC S7. S7-1200 Programmable Controller. System Manual: Siemens (A5E02486680-AK). – V4.2, 09/2016. – 1614 p.

2. SIMATIC. STEP 7 Professional V14 SP1 System Manual: Siemens. – 04/2017. – 16098 p.
3. SIMATIC. WinCC Professional V14 SP1. System Manual: Siemens. – 03/2017. – 8656 p.
4. Николайчук М.Я., Гедзик Д.Я. Параметрування швидкісних лічильників PLC Simatec S7-1200 для систем управління з імпульсними перетворювачами. «КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ»: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 28–30 листопада 2018 р. С 171-172 / Івано-Франківськ: ПНУ ім. В. Стефаника. - 978-966-640-448-3.
5. SIMATIC. Engineering Tools. S7-PLCSIM V14 online help. Programming and Operating Manual. (A5E38930186-AA) – V14, 09/2016. – 146 p.

УДК 620.97

## **ВЕТРО-ВОЗДУШНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА «ВЕРЕТЕНО-ПОДДУВ-КАТУШКА-ЛИФТ»**

*Аубакир Д.<sup>1</sup>, Азен Е.<sup>2</sup>*

*1Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва, г.  
Астана, Казахстан, 2Казахстанско-Британский ТУ, г. Алматы,  
Казахстан*

*e-mail: [segiz-seri@yandex.ru](mailto:segiz-seri@yandex.ru)*

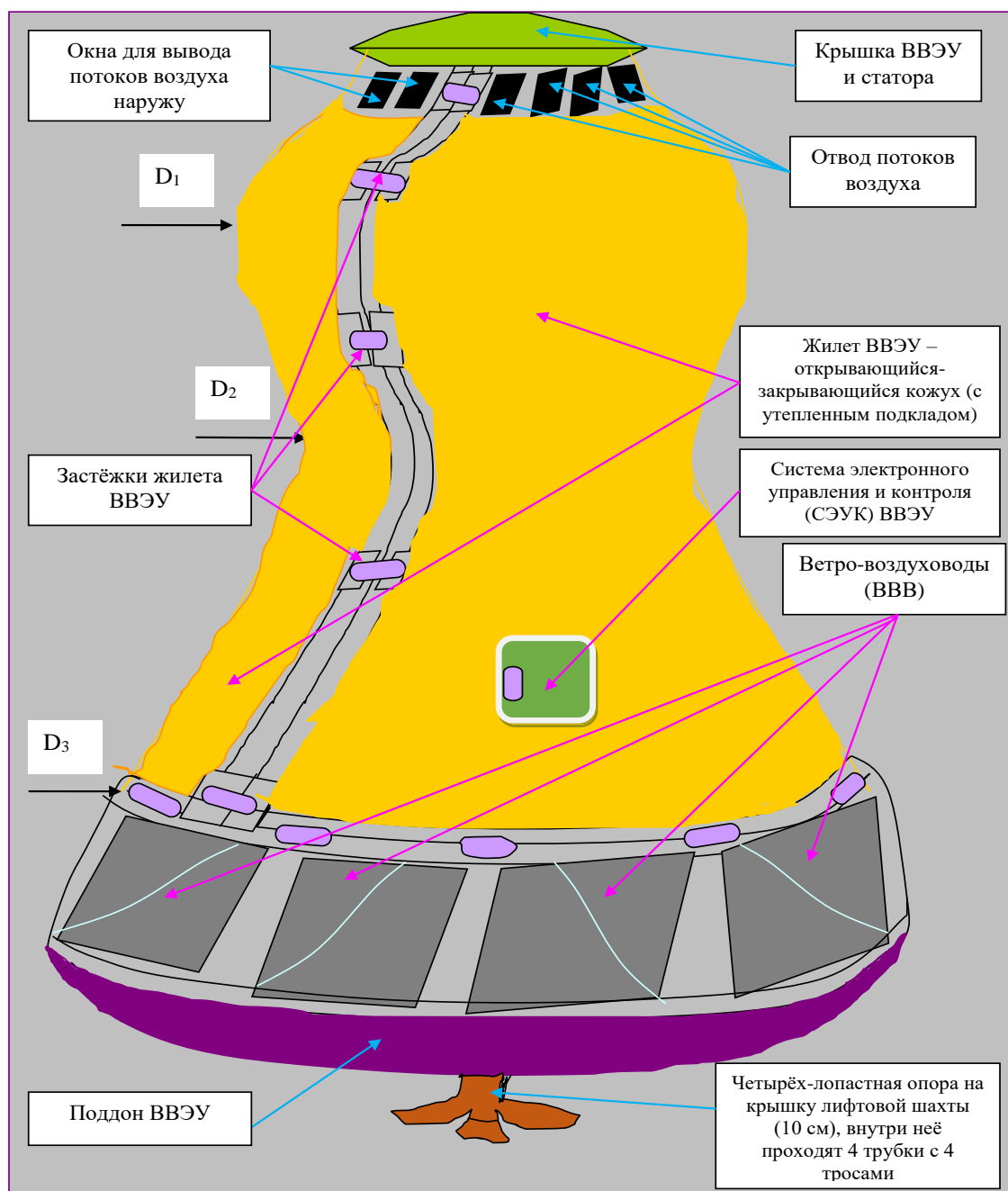
***Аннотация.** В работе приводится описание конструкции и принципа действия веретено-подобной ветро-энергетической установки (ВП-ВЭУ). Рассматриваются конструкции спирально-винтового генератор-веретено ВП-ВЭУ в виде криволинейного конуса, поддув, работающий при помощи лифта (поддув, работающий от лифта), а также приводится внутренний вид катушки-великана специальной конструкции, иницилирующей работу поддува от лифта.*

***Abstract.** The paper describes the design and principle of operation of a spindle-like wind power plant (SL-WPP). The designs of a spiral-helical spindle generator SL-WPP in the form of a curvilinear cone, blowing, working with an elevator (blowing, working from an elevator) are considered, and also*



*provides an internal view of a giant coil of a special design that initiates the work of blowing from the elevator.*

## Описание конструкции и действия установки "веретено-поддув-катушка-лифт"



$D_1= 180$  см;  $D_2= 150$  см;  $D_3= 300$  см;  $H_j= 300$  см (жилет);  $H_w= 440$  см (ВВЭУ);  $h= 90$  см (ВВВ);  $k= 100$  см (ВВВ);  $d= 110$  см (крышка);  $h= 20$  см (крышка);  $h= 20$  см (поддон)

Рисунок 1 – Веретено-подобная ветро-энергетическая установка (ВП-ВЭУ).

## Спирально-винтовой генератор-веретено ВП-ВЭУ в виде криволинейного конуса

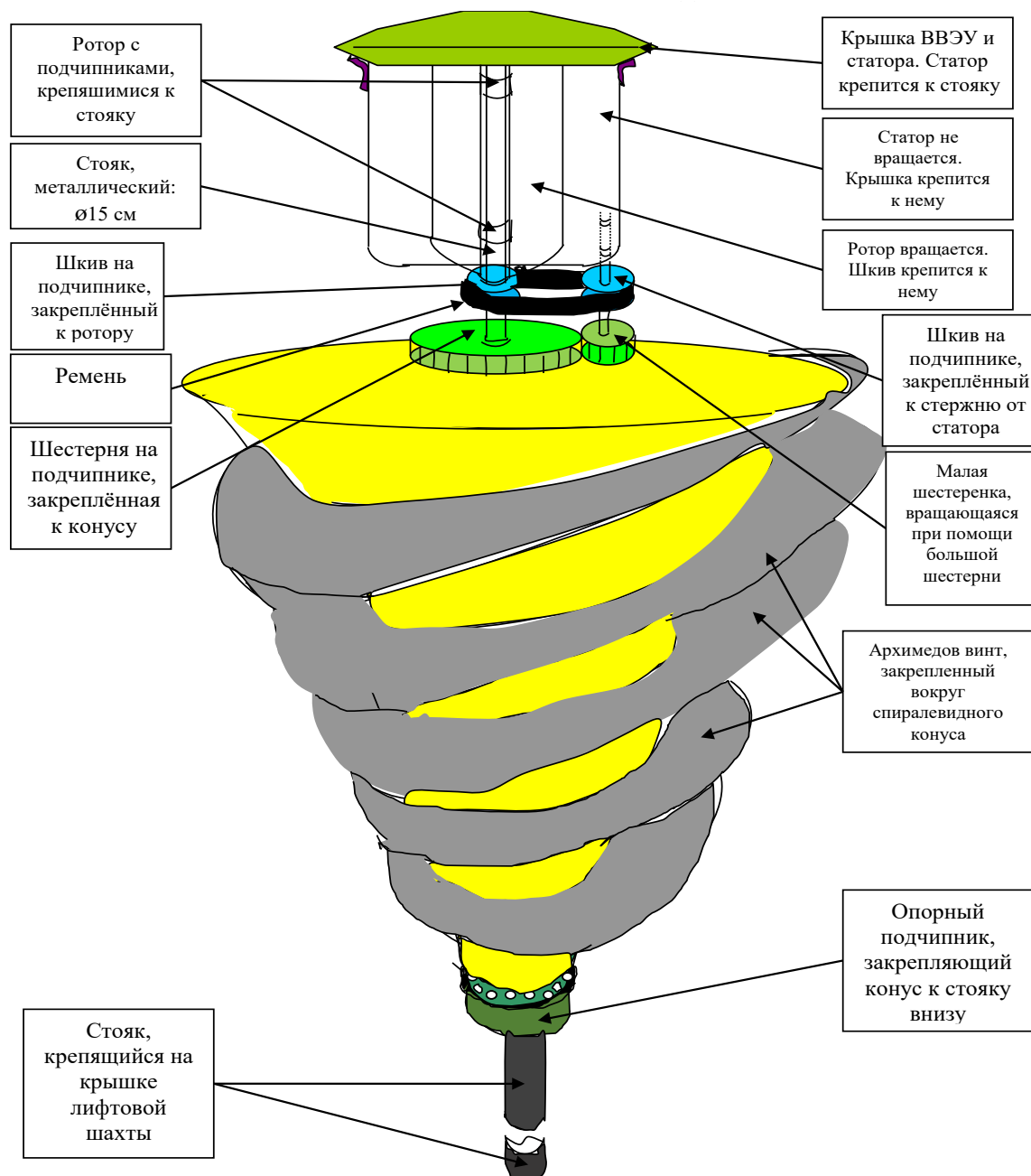


Рисунок 2 – Спирально-винтовой генератор-веретено ВП-ВЭУ в виде криволинейного конуса.

Размеры элементов: конус с кривизной в виде гиперboloида, сечение:  $d_{\max} = 150$  см;  $d_{\min} = 20$  см;  $h = 250$  см.; большая шестерня:  $d = 50$  см;  $h = 4$  см.; малая шестеренка:  $d = 10$  см;  $h = 4$  см. Когда большая шестерня делает 1 полный оборот, малая шестеренка делает 50 оборотов. Шкивы:  $d = 10$  см;  $h = 4$  см.; статор:  $d = 80$  см;  $h = 50$  см.; ротор:  $d = 40$  см;  $h = 52$  см. Для того,

чтобы сменить ремень, статор снимается и новый ремень вдевается через ротор. Токосъемный механизм (ТСМ), расположенный под крышкой статора передает ток, снятый от пары ротор-статор, по проводу, проходящему внутри стояка, доставляется в шахту лифта и используется по назначению, в то же время, ТСМ напрямую связан с СЭУК ВВЭУ.

**Поддув, работающий при помощи лифта (поддув, работающий от лифта)**

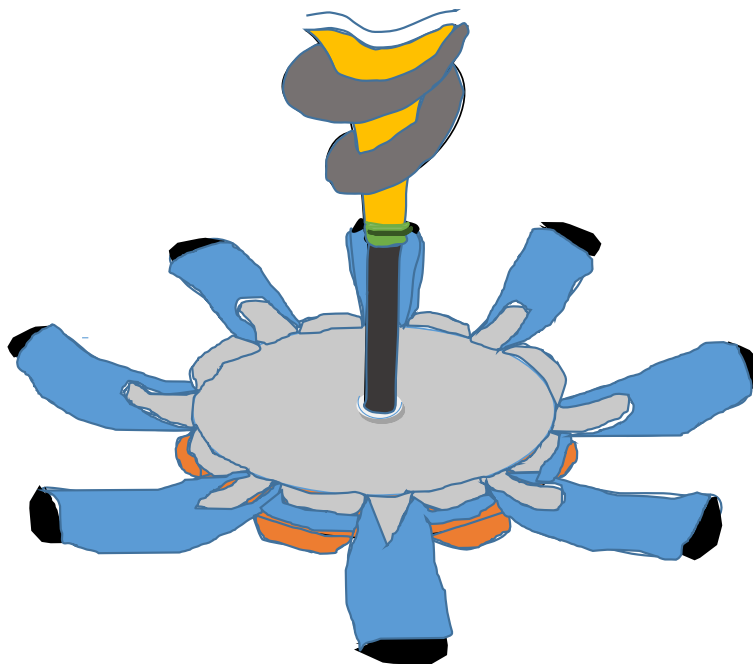


Рисунок 3 – Поддув, работающий при помощи лифта (ВПД) – поддув от лифта.

Размеры составляющих поддува: снизу и сверху "восьмирукавного" поддува крышки из постоянного магнита:  $d=120$  см. Сам поддув и рукава делаются из резины, длина рукавов 130 см, ширина 40 см; металлические направляющие, встроенные снизу и сверху рукавов изогнуты кверху, их длина:  $g=20$  см; нижняя крышка крепится ко дну ВП-ВЭУ; когда с помощью лифта верхняя крышка приподнимается до 50 см и отпускается, то магнит моментально возвращает поддув в исходное закрытое состояние, тогда поток воздуха, выстреливаемый от рукавов поддува, и направляемый на спиралевидный винт, ускоряет вращение веретена-генератора, поддерживаемое ветром и втягиваемым воздушным потоком извне через ВВВ.

# Поддув, работающий от лифта, и механизм, заставляющий его работать

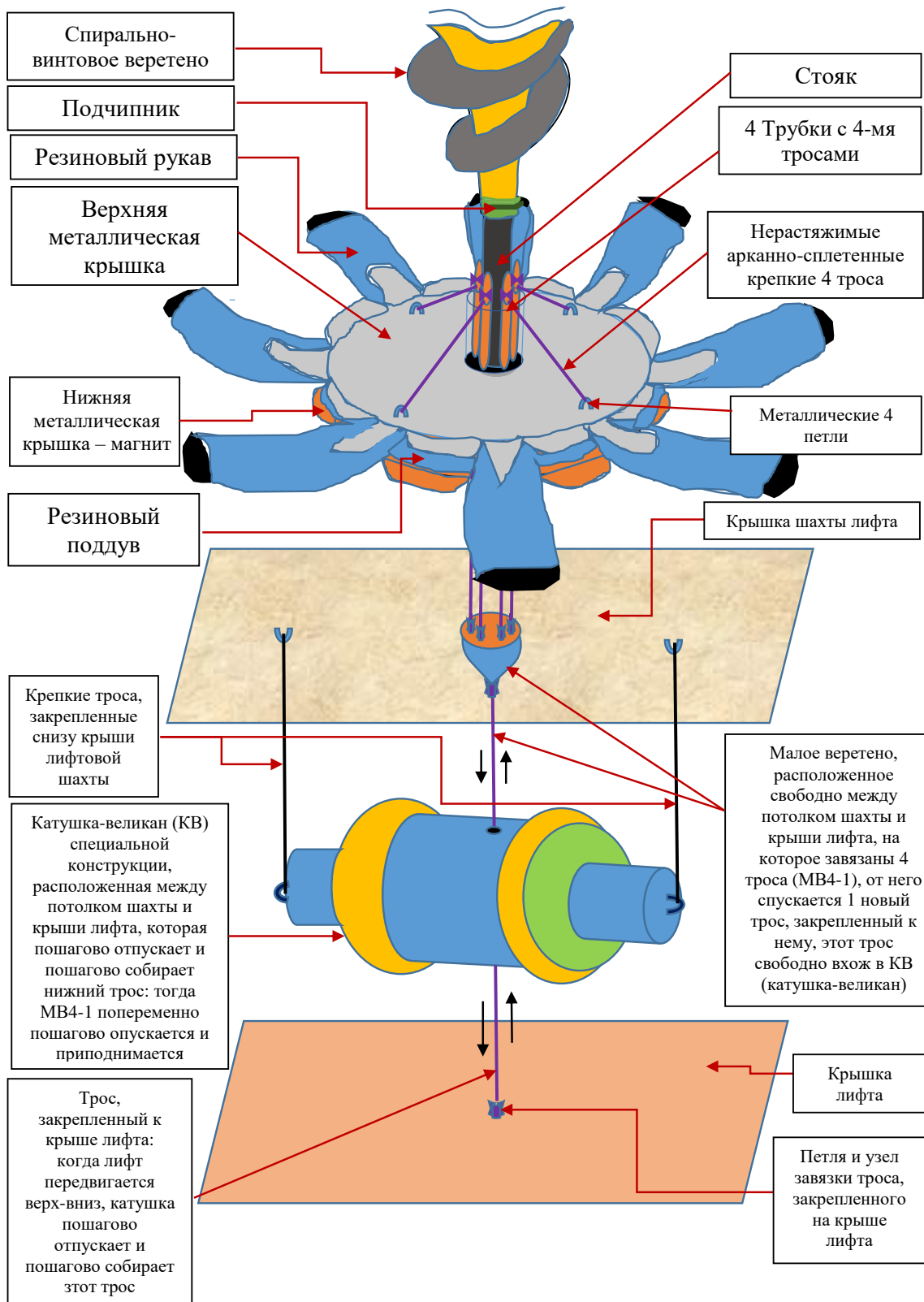


Рисунок 4 – Поддув, работающий от лифта (ВПД) и механизм, заставляющий его работать (МЗР).

## Взаимное расположение в ВП-ВЭУ ветро-, воздуховодов и поддува

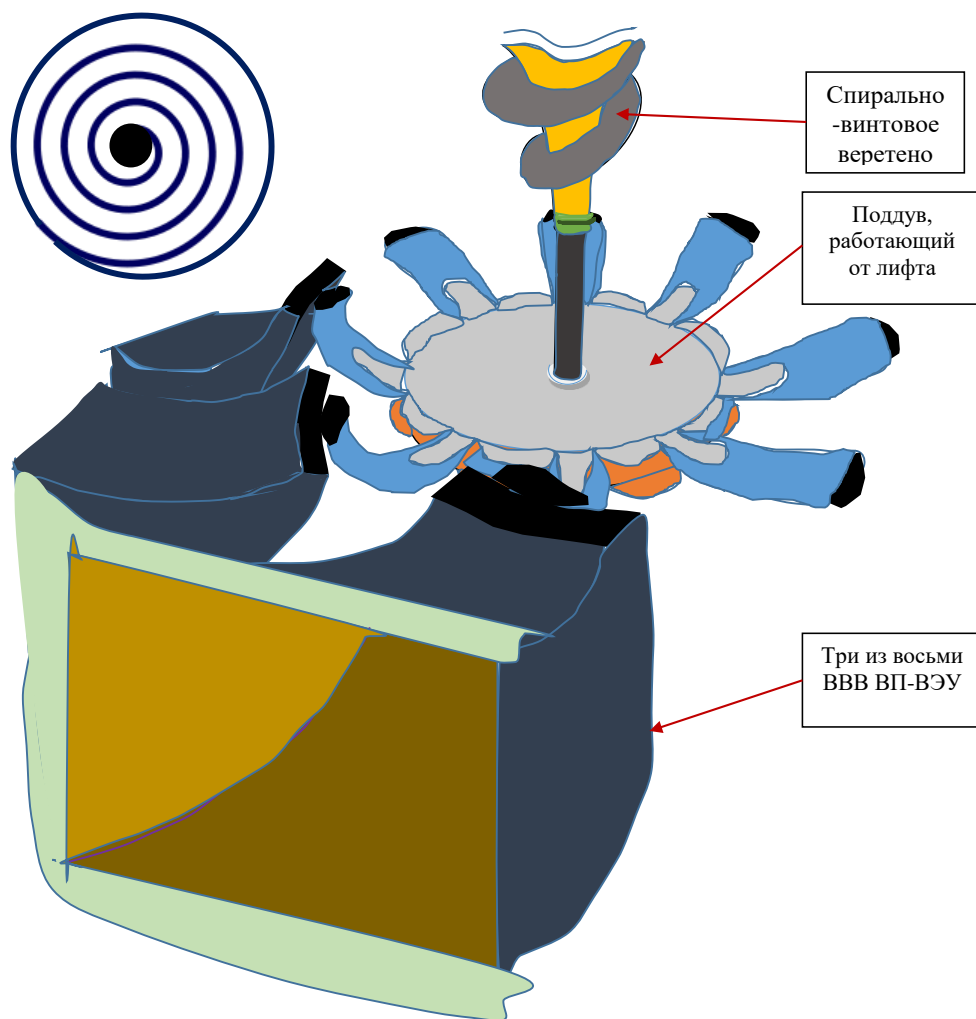


Рисунок 5 – Взаимное расположение в ВП-ВЭУ ветро-, воздуховодов (ВВВ) и поддува.

ВВВ конструируется так, чтобы летом дождевые воды, а зимой снег не собирались внутри самих ВВВ и внутри ВП-ВЭУ вообще, для этого каждый ВВВ изогнуто кверху и постепенно сужается так, чтобы заодно создать эффект реактивного потока воздуха во внутрь конструкции: снаружи ширина 100 см, высота 90 см, глубина 60 см, высота внутренней горловины от поддона 100 см; длина горловины 40 см, ширина 15 см.

Рукава своими выходами располагаются прямо к горловинам поддува с тем, чтобы, если грязь соберется к горловинам, воздушный поток, выстреливаемый из рукавов, выдувал их наружу и, тем самым, вычищал ВВВ от грязи. Масштаб рисунка спирально-винтового веретена в виде улитки вверху слева –  $1 \div 30$ .

## Внутренний вид катушки-великана специальной конструкции

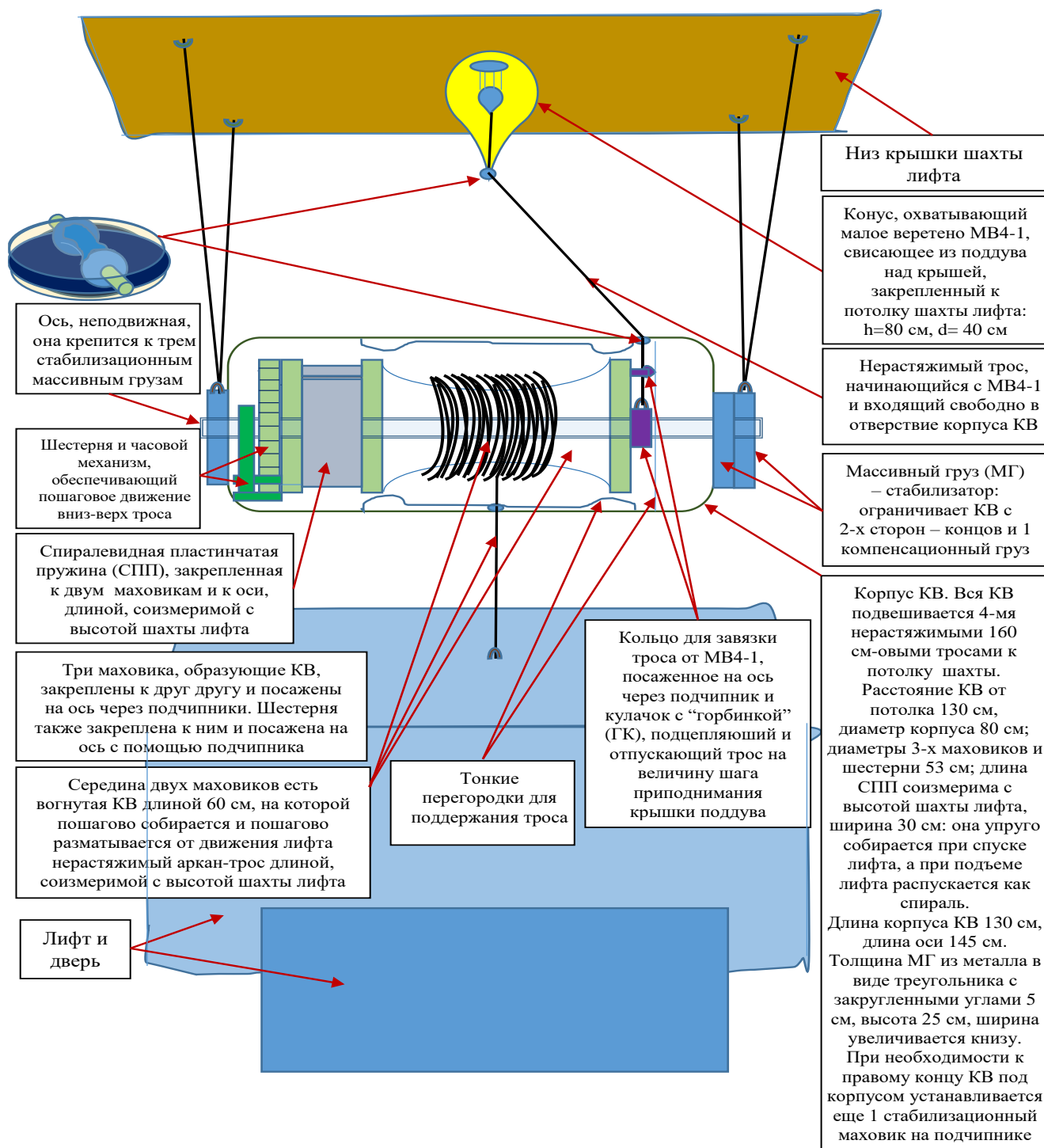


Рисунок 6 – Внутренний вид катушки-великана (КВ) специальной конструкции, инициирующей работу поддува от лифта.

**Выводы:** Будет создан действующий макет на базе КРМУ в г. Актобе, который будет представлен в лифтостроительном заводе в г. Костанай. С конструкторами завода будут решаться вопросы по созданию,

испытанию и реализации данного проекта в промышленном варианте с дальнейшим внедрением казахстанского прототипа данной продукции.

**Предложение:** Мы, авторы данной конструкции, готовы сотрудничать с украинскими лифтостроителями на обоюдовыгодных условиях, с тем чтобы реализовать данное новшество!

### **Список использованной литературы:**

1. АУБАКИР Д.А., АЗЕН Ерабылай, МУСА Шынғыс, АСКАРУЛЫ Еркеболат. Инновационные технологии в закладываемом благотворительном смарт-городе “Ахау-семеі” в Астане из ресурсов общественного фонда “Семей-ЯП”// V Международная научная конференция по фундаментальным и прикладным проблемам устойчивого развития в системе «Природа-Общество-Человек»: проблемы измерения и управления устойчивым развитием в условиях глобальных вызовов, рисков и угроз: сборник научных трудов: Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление» [www.rypravlenie.ru](http://www.rypravlenie.ru) Т.11 №4(29), 2015, статья 9. (Москва-Дубна). – С. 116-1

УДК 622.24.053

## **ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ДАВАЧА КОНТРОЛЮ ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ РІЗЬБОВИХ З’ЄДНАНЬ БУРИЛЬНИХ КОЛОН**

*Заміховський Л.М., Лисканич О.М.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м.*

*Івано-Франківськ, Україна*

*e-mail: [leozam@ukr.net](mailto:leozam@ukr.net), +38 (0342)72-71-70*

**Анотація.** *Наводяться результати розробки програмного забезпечення інтелектуального давача контролю втомного руйнування (ІДКВР) різьбового з’єднання в складі конструкції індикатора втомного руйнування з вмонтованою мікропроцесорною інформаційно-вимірною системою (МІВС).*

*Розглядаються особливості розробки програмного забезпечення МІВС з врахуванням двох режимів її роботи – режиму обміну з ПК і режиму вимірювання деформації конструкції ІДКВР в поздовжньому і поперечному напрямках до осі бурильної колони в процесі її експлуатації, а також програмне забезпечення хоста.*

***Abstract.** The results of the development of software for an intelligent sensor for monitoring fatigue failure (ISMFF) of a threaded connection as part of the design of a fatigue failure indicator with an integrated microprocessor information-measuring system (MIMS) are presented.*

*The features of the development of MIMS software are considered taking into account its two modes of operation - the mode of exchange with the PC and the mode of measuring the strain of the ISMFF design in the longitudinal and transverse directions of the axis of the drill string during its operation, as well as the host software.*

Сьогодні для контролю технічного стану обладнання нафтогазового комплексу -бурильних і насосно-компресорних труб, насосно-компресорних штанг і ін. та їх елементів (замкових з'єднань), зокрема контролю їх втомного руйнування, використовують індикатори втомного пошкодження [1]. Їх основний недолік полягає у відсутності можливості отримання інформації про рівень навантаженості різьбового з'єднання в режимі реального часу з подальшим розрахунком його залишкового ресурсу.

З метою усунення вказаного недоліку в [2] запропонована конструкція різьбового з'єднання з індикатором контролю, яка передбачає можливість монтажу в ньому мікропроцесорної інформаційно-вимірювальної системи (МІВС). Конструкція індикатора з вмонтованою МІВС отримала назву – інтелектуальний давач контролю втомного руйнування різьбового з'єднання бурильної колони –ІДКВР.

В [3] наводиться розробка МІВС, узагальнена структурна схема якої показана на рис. 1. Основними складовими МІВС є:

- вимірювальний блок ВБ в який входять два тензорезистивних вимірювальних мости ТВМ-1 і ТВМ-2, що через комутатор К і підсилювач П під'єднані до мікроконтролера МК. Живлення ТВМ-1, ТВМ-2, переключення сигналів від них і підсилення здійснює мікросхема АЦП) ;

Мікропроцесорний блок МПБ в який входить мікроконтролер МК, запам'ятовуючий пристрій ЗП (електрично перепрограмована пам'ять), годинник реального часу ГРЧ та перетворювач інтерфейсів ПІ;



Блок живлення в який входить елемент живлення та імпульсний стабілізатор напруги.

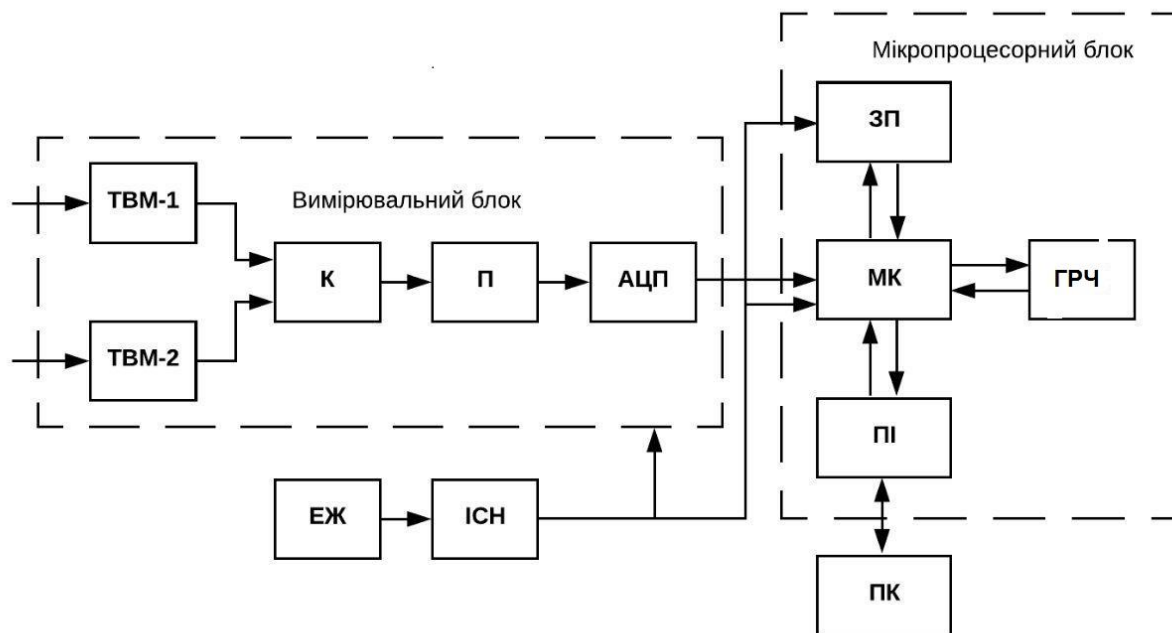


Рисунок 1 - Узагальнена структурна схема мікропроцесорної інформаційно-виміральної системи ІДКВР.

Метою роботи є розробка програмного забезпечення для МІВС інтелектуального давача контролю втомного руйнування різьбового з'єднання бурильної колони [3] з врахуванням специфіки його використання в процесі буріння свердловини та обробки отриманих результатів.

Специфіка використання ІДКВР (глибина свердловини, типи гірських порід, типи породоруйнівного інструменту – долота і ін.) визначає час спуско-підіймальних операцій та час на відпрацювання долота (проходку на долото) і формує вихідні дані для програмування МПБ. Вихідні дані дозволяють, з врахуванням ємності елемента живлення МІВС, визначити час і періодичність вимірювання величини деформації механічної конструкції ІДКВР та запрограмувати МК перед його монтажем в дану конструкцію.

Вказане визначає два режими роботи МПБ:

- режим обміну з ПК (до монтажу конструкції ІДКВР і після його демонтажу для обробки записаних даних;
- режим вимірювання.

В режимі обміну з ПК МПБ працює постійно і в ньому можна проводити програмування основних параметрів до яких відносяться:

- величини деформації конструкції ІДКВР в поздовжньому і поперечному напрямках до осі бурильної колони, що фіксуються в процесі вимірювання;

- час між вимірюванням від 1с до 65тис.с.

- спосіб зберігання даних (відразу чи по мірі заповнення сторінки);

- службові ознаки переповнення масивів і виключення живлення.

В режимі роботи ІДКВР МІВС проводить періодичні вимірювання величини деформації конструкції ІДКВР в двох напрямках, записує їх в енергонезалежну пам'ять і очікує наступного періоду вимірювання. Під час очікування МІВС переходить в режим глибокої зупинки.

Зв'язок з мікропроцесорним блоком. Доступ до роботи МПБ здійснюється за допомогою пристрою асинхронної приймання-передачі. При передачі використовується 8-ми бітна послідовна послідовка без перевірки на парність із одним стоп-бітом. Швидкість передачі 19200б/с.

Управління здійснюється за допомогою команд. Команди починаються номером і містять певні параметри. Перелік команд із їх номером наведені в табл. 1.

Таблиця 4.4 Перелік команд, які опрацьовує мікропроцесорний блок

- 0x10 отримати 16 байт із регістрів годинника реального часу;
- 0x11 записати у вибраний регістр годинника реального часу  
..... значення;
- 0x22 запитати значення АЦП одного із семи вибраних каналів;
- 0x30 встановити один із двох режимів роботи пристрою;
- 0x31 встановити маску робочих каналів;
- 0x32 встановити час в секундах між вимірюваннями;
- 0x33 скинути ознаки виключення через зниження живлення і  
..... заповнення пам'яті;
- 0x34 отримати всі установчі параметри мікропроцесорного  
..... блоку;
- 0x35 записати всі установчі параметри в постійну пам'ять;
- 0x40 стерти вибрану сторінку пам'яті масиву даних;
- 0x41 отримати вибрану сторінку пам'яті масиву даних;
- 0x42 отримати поточні адреси записів у сторінці і номер  
..... сторінки пам'яті масиву даних;

0x50 запустити обробку одного циклу вимірювання;  
0x51 обнулити поточні адреси записів у сторінці і номер  
..... сторінки пам'яті масиву даних,

**Алгоритм роботи МПБ.** Для забезпечення періодичності вимірювання величини деформації конструкції ІДКВР в МПБ використовується встановлений окремою мікросхемою таймер/годинник. При включенні МПБ цей годинник запускається. Він рахує час і дату. Ці дані використовуються для фіксації абсолютного часу від початку вимірювання величини деформації за допомогою тензовимірювальних мостів ТВМ 1-2 (рис.1) разом із результатом вимірювання.

Для економії енергії елемента живлення МК переходить із активного стану в стан глибокої зупинки після завершення чергового вимірювання. В стані глибокої зупинки живлення на схему подається але всі процеси зупинені. Це дає можливість суттєво зменшити струм споживання.

Для виведення МК із глибокої зупинки використовується здатність зовнішньої мікросхеми годинника, яка спроектована спеціально для постійної роботи при надзвичайно малому струмі споживання, порівнювати поточний час годинника із наперед заданим та при збігу цих значень генерувати зовнішній сигнал. При його появі на вході зовнішнього переривання МК він виходить із режиму глибокої зупинки і продовжує виконувати програму.

Впродовж виконання програми МК програмує годинник на час наступного виведення із зупинки, проводить вимірювання необхідних величин, записує результати вимірювання у масив. Після цього МК знову зупиняється і очікує черговий сигнал від годинника.

Запис даних в масив пам'яті проходить по три байти, таким чином оптимізується заповнення масиву. Для того, щоб записати дані в масив треба знати адресу звідки починати запис. При цьому МПБ працює від автономного джерела живлення. Тому живлення може зникати під час роботи і так само відновитися. Отже зберігати адресу поточного запису в звичайній пам'яті даних не доцільно, бо без живлення її вміст втрачається.

Використовувати енергонезалежну пам'ять для зберігання адреси також неможна, оскільки ресурс перезапису однієї комірки пам'яті є обмеженим. Через декілька сотень тисяч перезаписів комірки енергонезалежної пам'яті втрачають можливість записувати дані. Тому програма шукає куди вписати чергові три байти безпосередньо після включення. Перегляд масиву починається від молодших адрес і, якщо

комірка зайнята, то шукається наступний вільний запис. Тому для правильної роботи МПБ перед повторним використанням ІДКВР необхідно обов'язково очищати масиви від попередніх результатів вимірювань.

Дані для запису формуються спочатку в оперативній пам'яті МК, а потім переносяться в перепрограмовану пам'ять. Оскільки перепрограмована пам'ять організована посторінково необхідно проаналізувати чи достатньо місця на поточній сторінці для перенесення даних

Якщо на поточній сторінці місця не вистачає, то вона записується в пам'ять і починається нова сторінка. Оскільки мінімальний запис має три байти, то на сторінці може не бути вільних три байти. Тому 1 чи 2 байти на даній сторінці для запису будуть втрачені.

Один запис для одного вимірювання містить обов'язкові три байти в яких зазначається:

- 1 байт дата поточного вимірювання;
- 2 байт поточний час доби у виді «години x 10 + хвилини /10»;
- 3 байт маска вибраних для вимірювання каналів.

Наступні три байти будуть містити інформаційні байти значення каналу починаючи з молодшого номера:

- 1 найстарший байт;
- 2 середній байт;
- 3 молодший байт.

Якщо вибрано для запису канал вимірювання деформації в поздовжньому напрямі і канал вимірювання деформації в поперченому напрямі до осі бурильної колони, то спочатку запишеться три байти із датою, часом і списком каналів, потім три байти із значенням поздовжньої деформації і три байти із значенням поперечної деформації.

В режимі вимірювання МІВС очікує заданий період часу, проводить вимірювання і записує результат вимірювання разом із поточним часом в базу.

Для зменшення витрати енергії і, відповідно, збільшення часу роботи ІДКВР в свердловині МК в період між вимірюваннями переходить в режим пониженого споживання енергії. Для виведення його із цього стану використовується таймер реального часу, який «будить» МК. Під час роботи ІДКВР у свердловині в режимі вимірювання і пониженого споживання енергії вивести його з режиму неможливо.

Щоб отримати доступ до МІВС навіть в режимі вимірювання необхідно після завершення процесу буріння і проведення спуско-

підймальних операцій демонтувати ІДКВР і переписати, отриманий за час буріння, масив даних в ПК та провести перезавантаження МІВС. Це відбувається при включенні живлення і при приєднанні сигналу RESET до загальної шини. При старті МІВС за будь яких обставин починає працювати в режимі обміну. Якщо при цьому був запрограмований режим вимірювання, то через 10с система переходить в цей режим і перестає реагувати на ПК. При старті МІВС індикація одним світловим сигналом вказує на нормальний початок роботи. Індикація двома світловими сигналами свідчить про перехід МІВС в режим вимірювання. Для спрощення процесу програмування МІВС посилає повідомлення в ПК про стан своєї роботи поки не перейшла в режим вимірювання.

При включенні посилаються повідомлення про режим mode 0/mode 1, список каналів, що були програмовані для запису у вигляді повідомлення chanel 0 1 2 та період між вимірюваннями у виді delta 5.

Розробка програмного забезпечення хоста. Для зручної роботи із МІВС на ПК було створено спеціальне програмне забезпечення, головне вікно якого наведено на рис.2.

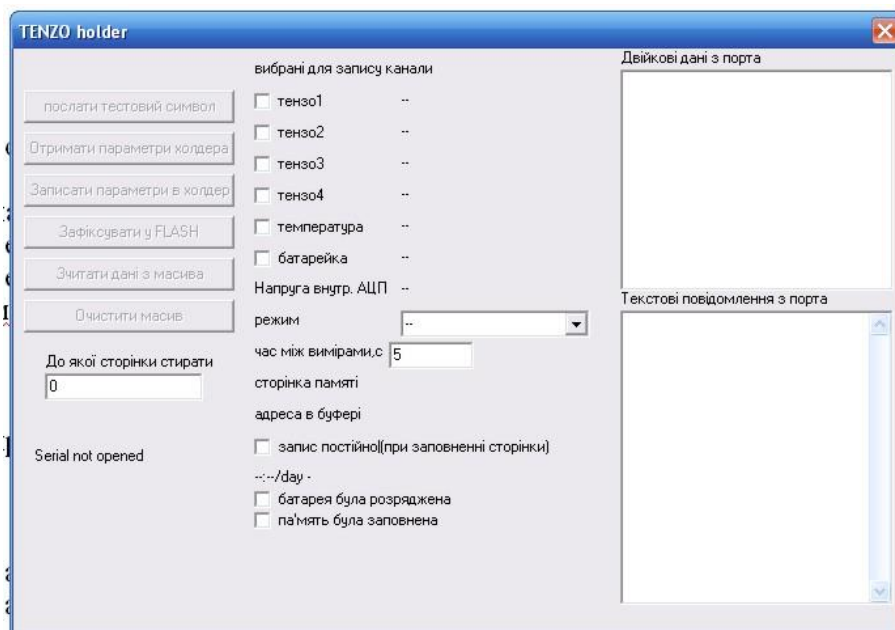


Рисунок 2 - Вигляд вікна програми для зв'язку із мікропроцесорним блоком

За допомогою цієї програми можна керувати роботою МІВС за умови знаходження її в режимі роботи з UART. Програма запускається із параметрами в командному рядку. Параметрами є номер СОМ порту, який використовується в даному ПК для зв'язку із МІВС, а також швидкість передачі даних 19200.

При включенні програма відкриває канал зв'язку і при вдалій спробі очікує посилки із МІВС. Вдала спроба відображається надписом *Serial opened*, а невдала *Serial not opened* (рис.2) в лівому нижньому кутку вікна. Якщо при вдалому відкриванні каналу система пошле команду синхронізації, то в лівому нижньому кутку буде надпис «пристрій захоплено».

Робота з програмою виконується за допомогою діалогового вікна. Основні команди програми зібрані у верхньому лівому куті вікна і передбачають певні команди.

Посилка тестового символу в МІВС для пересвідчення в працездатності каналу. Цей символ при правильній роботі каналу зв'язку буде відображено в вікні текстового повідомлення із системою, яке знаходиться у нижньому правому кутку вікна.

Команда отримати параметри холдера дозволяє прочитати стан МІВС, дату, список доступних каналів, час між вимірюваннями і ін.. Всі ці дані будуть відображені у вигляді ознак на основному полі вікна. При цьому їх можна змінювати, налаштовуючи МІВС на бажаний режим роботи.

Після вибору всіх ознак їх можна записати в МІВС за допомогою команди «*Записати параметри в Холдер*». Ці ознаки будуть записані в поточні значення системи. Однак при виключенні живлення системи вони будуть втрачені.

Для запису параметрів в енергонезалежну пам'яті використовується команда «*Зафіксувати у FLASH*». При цьому всі параметри в МІВС будуть записані на одну із сторінок енергонезалежної пам'яті і будуть доступні навіть після перезавантаження.

З метою отримання вмісту масиву пам'яті, який містить результати вимірювань, використовуються команда «*Зчитування даних з масиву*». При цьому будуть прочитані ті сторінки пам'яті, які отримані із системи попередньою командою.

Для стирання вмісту масиву використовується команда «*Очистити масив*», яка дає можливість очистки масиву даних до сторінки, що вказується в полі вводу, розташованому нижче.

Для аналізу відповіді із МІВС використовуються два текстові вікна в одному із яких виводиться текстова інформація, а в іншому - ця ж інформація у вигляді шістнадцяткових кодів. Кожне із вікон може бути очищене для зручної роботи.

Порядок роботи з МІВС. МІВС може знаходитися в одному з двох режимів:

- режим роботи з UART для програмування і зчитування даних;

- режим «збір даних». для записування даних.

МІВС при включенні зчитує дані про поточний режим із власної пам'яті. Якщо вона вже включена, то її можна перевести в один із двох режимів. Але при повторному включенні чи перезапуску система знову зчитає режим із своєї пам'яті. Поточний режим може бути записаний в пам'ять МК, щоб при перезапуску встановився потрібний режим.

Порядок роботи з МІВС в режимі перевірки її роботи.

1. Включити перехідник інтерфейсу в МІВС.
2. Перезапустити МІВС. При цьому вона синхронізується із програмою.
3. Проконтролювати за допомогою світлового індикатора один спалах.
4. Протягом 10 с треба запрограмувати режим роботи з UART.
5. МІВС доступна для необмеженого управління. Можна отримати дані про час її роботи із останнього підключення живлення. Отримати дані по всіх каналах незалежно від того вибрані вони чи ні.

Порядок роботи із МІВС для переведення в режим «збір даних» (перед монтажем ІДКВР в різьбове з'єднання бурильної колоні з подальшим спуском її в свердловину):

1. Включити перехідник інтерфейсу в МІВС.
2. Проконтролювати за допомогою світлового індикатора один спалах.
3. Перезапустити МІВС. При цьому вона синхронізується із програмою.
4. Протягом 10 с треба запрограмувати режим роботи з UART.
5. Вибрати канали для автоматичного збору.
6. Очистити масив пам'яті.
7. Вибрати режим роботи «збір даних»
8. Записати режим роботи в пам'ять.
9. Перезапустити МІВС.
10. Проконтролювати за допомогою світлового індикатора один спалах.
11. Проконтролювати дані, які МІВС передає при старті. При старті вона передає поточний режим, вибрані канали і час між вимірюваннями. Через 10с МІВС переходить в режим вимірювання.
12. Проконтролювати за допомогою світлового індикатора два спалахи.

13. За допомогою зворотного відліку 2, 1, 0 відображається процес проведення трьох послідовних вимірювань через заданий час. Оскільки передача даних витрачає енергію батареї, то в подальшому передача допоміжних даних припиняється.

Висновки. Визначені два режими роботи МІВС, що є функціональною складовою ІДКВР, для яких необхідно розробити програмне забезпечення - режим обміну з ПК (до монтажу конструкції ІДКВР і після його демонтажу для обробки записаних даних) та режим вимірювання.

Розглянута процедура програмування основних параметрів роботи МІВС режимі обміну з ПК: величини деформації конструкції ІДКВР в поздовжньому і поперечному напрямках до осі бурильної колони, які фіксуються в процесі вимірювання; часу між вимірюваннями; способу зберігання даних (відразу чи по мірі заповнення сторінки); службових ознак переповнення масивів і виключення живлення.

Розроблено програмне забезпечення хоста, використання якого дозволяє прискорити процедуру програмування основних параметрів роботи МІВС режимі обміну з ПК.

Розроблено алгоритм роботи мікропроцесорного блоку і його програмна реалізація та розглянуто порядок роботи МІВС в режимі перевірки її роботи та в режимі збору даних, тобто перед монтажем ІДКВР в різьбове з'єднання бурильної колони та її спуском в свердловину.

### **Список використаної літератури:**

1. Джус А.П. Індикатори контролю технічного стану елементів бурильної колони [Текст]: А.П. Джус, О.М. Лисканич //Восточно-Европейский журнал передових технологій. - 2012. - 4/7(58). - С. 38-42

2. Пат. 111563 України, МПК E21B 17/042, F16L 15/08, G01b 7/16/ Різьбове з'єднання бурильних труб з індикатором контролю технічного стану [Текст]/Заміховський Л.М., Лисканич О.М., Джус А.П., Гриджук Я.С., Лисканич М.В.; заявник та патентовласник Івано-Франк. нац. техн. ун-т нафти і газу. - № а2015 06310; заявл. 25.06.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9. – 3с.: іл.

3. Заміховський Л.М. Мікропроцесорна інформаційно-вимірювальна система інтелектуального давача контролю втомного руйнування різьбових з'єднань бурильної колони [Текст] / Л.М. Заміховський, О.М. Лисканич, В.С.Зікратий// Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління



УДК 004.9:556.16

## **ВСТАНОВЛЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ З РІВНЕМ ПАВОДКОВИХ ВОД**

*Белей О.І., Островська А.А.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [n280797@gmail.com](mailto:n280797@gmail.com)*

***Анотація.** У роботі досліджено причини виникнення паводкових вод, а також виявлено, що основними умовами їх інтенсифікації є природні фактори, такі як швидкість вітру, вологість повітря та кількість атмосферних опадів, що передувало розробленню інформаційної системи встановлення взаємозв'язку кліматичних факторів з рівнем підняття води річок.*

***Abstract.** The reasons of occurrence of flood waters are investigated. It is revealed that the main conditions for their intensification are natural factors such as wind, humidity and rainfall. The information system for establishing the relationship between climatic factors and the level of rising water in the river is developed.*

Підняття рівня води річок в період паводків здійснює негативний вплив на навколишнє середовище, а в окремих випадках призводить до людських жертв. У недалекому майбутньому очікується зростання нестабільності погоди у Карпатах та збільшення кількості опадів. А звідси, певна річ – імовірно збільшення паводків катастрофічного характеру.

Саме тому для високотехнологічного європейського суспільства актуальною є задача контролю та прогнозування рівня паводкових вод з метою попередження, або зменшення можливих збитків в аграрному, промисловому та соціальних секторах економіки від їх наслідків.

Проблема контролю рівня паводкових вод є важливою не тільки на території України, але й у всьому світі. Значний внесок у дослідження контролю рівня паводкових вод подано в працях українських та

закордонних науковців Ошуркевич О. Є., Приймаченко Н. В., Белей О. І., Заміховського Л.М., Tremblay Robert (Канада), Sadamichi Shigemi (Японія) та ін. [1,2,4,5].

З метою запобігання можливих збитків від паводків необхідно дослідити взаємозв'язок між кліматичними факторами і рівнем підняття води річок; обґрунтувати вибір методів статистичної обробки характеристик кліматичних факторів та розробити інформаційну систему для відображення впливу основних кліматичних факторів на рівень води.

Негативні наслідки від паводків проявляються на 27 відсотках території України (165 тис. кв. кілометрів), де проживає майже третина населення, в основному це Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська та Чернівецька області. Не існує жодної території держави, на якій б не відчувався час від часу негативний вплив підняття води річок у період паводків.

Паводкові води є частиною природного водного циклу і трапляються кожного разу, коли протягом короткого періоду часу велика кількість води стікає в долини струмка або річки, відповідно до ухилу річки. Основними природними джерелами підняття води річок (паводків) є дощові води і танення снігу. До антропогенних причин виникнення паводків слід віднести: руйнування природних стоків, розорювання схилів, вирубування лісів.

Аналіз літературних джерел із дослідження причин виникнення паводкових вод показав, що основними умовами їх інтенсифікації є природні фактори, такі як швидкість вітру, вологість повітря та кількість атмосферних опадів.

Для можливості прогнозування ймовірності паводків важливим є аналіз кліматичних факторів у період спостереження. Саме тому основним завданням є встановлення зв'язку між кліматичними факторами, які передують паводку та його супроводжують.

У роботі з метою зменшення шкідливого впливу підняття води річок у період паводкових вод використано математичний апарат з застосування трьох методів статистичної обробки даних (рис. 1) між змінними  $X$  і  $Y$  [6]:

1. лінійний коефіцієнт кореляції Пірсона;
2. коефіцієнт кореляції Спірмена (ранговий);
3. асоціативний аналіз.



Рисунок 1 – Встановлення зв'язку між вихідними даними

Алгоритм роботи програми полягає в послідовному обчисленні коефіцієнта лінійної кореляції Пірсона, рангової кореляції Спірмена та асоціативного аналізу [3,4].

Сьогодні тенденція полегшення для людини процесу створення програм залишалась домінуючою. Більшість мов високого рівня універсальні, тобто призначені для розв'язання самого широкого кола задач.

Розвиток обчислювальної техніки і технології програмування сприяє появі нових та вдосконаленню існуючих середовищ програмування. Розробка програми здійснена за допомогою програмного середовища Borland Delphi 7.

Під час роботи з програмою, перед користувачем відкривається вікно введення даних. У програмі за замовчуванням встановлені дані (рівень води під час паводку, опади, вологість, сила вітру), але є можливість вводити дані самостійно (рис. 2).

Для дослідження аналізу та впливу обраних кліматичних факторів на рівень підняття води ми використовуватимемо для обрахунку коефіцієнтів кореляції дані, взяті з метеорологічних станцій Яремча, Коломия та Чернівці та даних про рівень води ріки Прут (рис. 3), які встановлені автоматично.

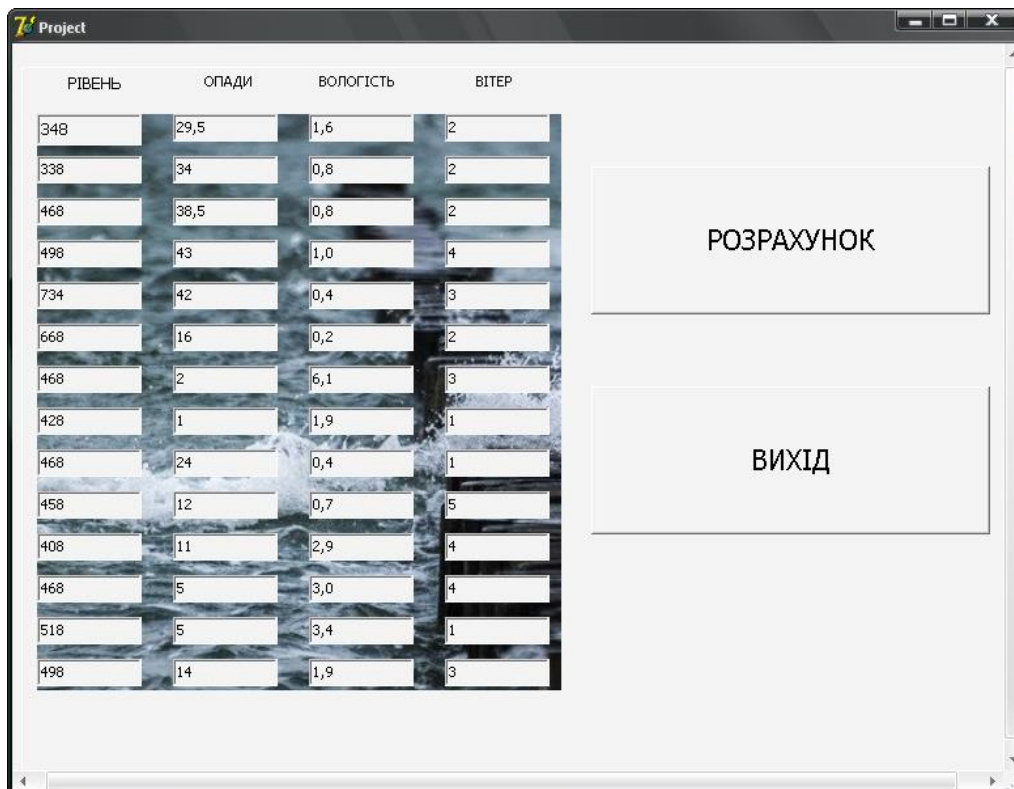


Рисунок 2 – Вікно введення даних

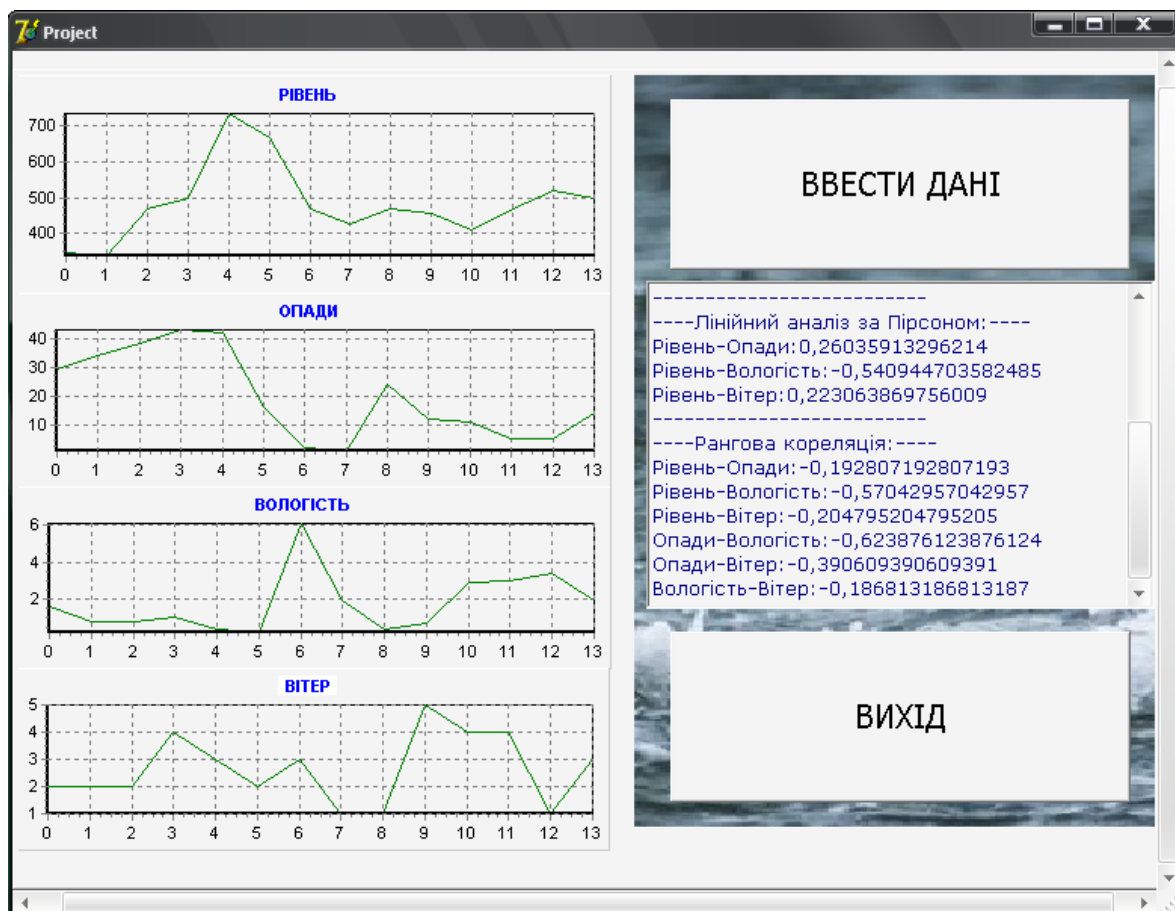


Рисунок 3 – Форма вихідних результатів

Всі коефіцієнти кореляції виводяться у вікні справа. Для даного випадку отримано наступні результати (асоціативний аналіз, лінійний аналіз за Пірсоном, рангова кореляція): рівень опадів та рівень паводку в ході аналізованих подій мають сильний прямий лінійний зв'язок; рівень паводків та вологість мають слабкий зворотній зв'язок; рівень опадів та вологість мають слабкий зворотній зв'язок.

**Висновки.** Обрано математичний апарат та розроблено програмне забезпечення для дослідження взаємозв'язку між кліматичними факторами під час паводків та рівнем підняття води на основі відомих (статистичних) даних спостережень.

Отримані результати можуть бути використані при створенні систем автоматичного або автоматизованого контролю рівня води річок та кліматичних факторів в місцях формування паводків (місцях максимальної кореляції цих факторів) із розробкою методів централізованої обробки одержаної інформації.

### Список використаної літератури

1. Заміховський Л. М. Аналіз методів і систем контролю та прогнозування рівня паводкових вод / Л. М. Заміховський, О. І. Клапоуцак // Нафтогазова енергетика. – 2011. – № 2. – С. 99-105. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nge\\_2011\\_2\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nge_2011_2_18).
2. Клапоуцак, Оксана Ігорівна Забезпечення екологічної безпеки довкілля шляхом моніторингу рівня паводкових вод [Текст] : дис. канд. техн. наук : спец. 21.06.01 "Екологічна безпека" / Клапоуцак Оксана Ігорівна. – Івано-Франківськ, 2015. – 141 с. : іл., рис., табл. – 122-141.
3. Корреляция, корреляционная зависимость [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://statpsy.ru/correlation/correlation/>.
4. Метод виявлення вагомих факторів, які впливають на розвиток паводку [Текст] / Л. М. Заміховський, А. П. Олійник, Л. О. Штаєр, О. І. Клапоуцак // "Moderní vymoženosti vědy -2014". Díl 31 Chemie a chemická technologie. Zemepis a geologie : Materialy X mezinárodní vědecko-praktická konference, Praha, 27.01 - 05.02.14. – Praha. Publishing House "Education and Science". – С. 76-78.
5. Пархісенко Я. Прогнозування та оцінка наслідків надзвичайних паводкових ситуацій / Я. Пархісенко // Природний камертон. Природа.

Людина. Суспільство. Видання УІНСіР при Раді національної безпеки і оборони України. – 2002 р., №3. – С. 18-21

6. Руденко В. М. Математична статистика. Навч. посіб. / В. М. Руденко – К.: Центр учбової літератури, 2012 – 304 с.

УДК 681.944

## РОЗРОБКА ТРЬОХВИМІРНОЇ КООРДИНАТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ФРЕЗЕРУВАЛЬНИМ ВЕРСТАТОМ

*Мороз І.Б., Скрипюк Р.Б.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна  
email: [ihor.moroz.ukr@gmail.com](mailto:ihor.moroz.ukr@gmail.com)*

***Анотація.** У роботі розглянуто сутність систем з числовим програмним керуванням, застосування таких систем у виробництві, а також їх подальший розвиток.*

*Розглядається структурна схема розроблюваної системи, описано конструктивні особливості розробленого прототипу фрезерного верстата, а також вибір та налаштування апаратного забезпечення для нього.*

*Здійснено вибір програмного забезпечення для керування фрезерним верстатом, налаштування програмного забезпечення та конфігурування бібліотеки GRBL для розробленої системи.*

***Abstract.** The paper considers the essence of systems with numerical program control, the use of such systems in production, as well as their further development.*

*A structural diagram of the system being developed is considered, the design features of the developed prototype of a milling machine, and the selection and configuration of hardware for it are described.*

*The software for controlling the milling machine was selected, the software was configured and the GRBL library was configured for the developed system.*

Завданням даної роботи є розробка малогабаритного та недорогого

верстата з числовим програмним управлінням (ЧПУ), який можна було б використати в експериментальних цілях, при виготовленні невеликих деталей, або використовувати як демонстраційний стенд для наочного представлення подібних систем в навчальному процесі. Це обумовлено тим, що верстати з ЧПУ, які серійно випускаються для виробництва деталей з високою точністю, є достатньо вартісними і мають значні габаритні розміри.

Проаналізувавши наявні системи для верстатів з ЧПУ[1,2,3,4] були визначені основні компоненти з яких буде складатися розроблювана система, структурна схема якої наведена на рис. 1.

Як видно з рис. 1 розроблювана система складається з двох функціонально завершених частин - програмної та апаратної. Основним завданням програмної частини є створення керуючої програми, а основним завданням апаратної частини є реалізація керуючої програми за допомогою головних приводів та рухомого інструменту.

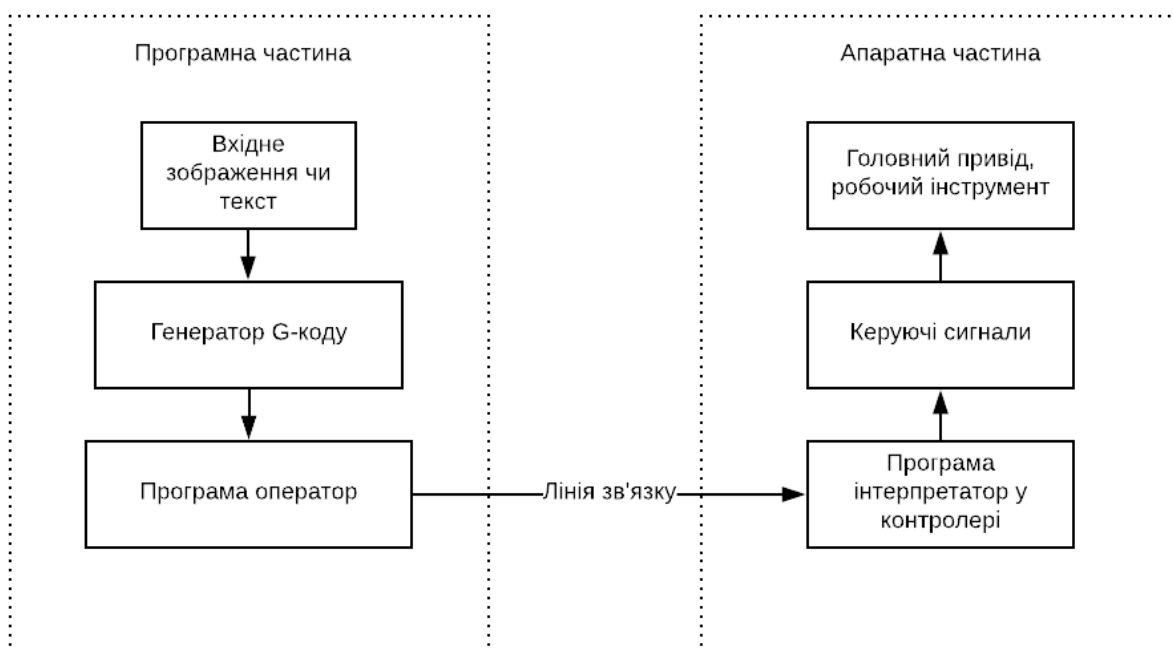


Рисунок 1 – Структурна схема розроблюваної системи

Якщо розглядати більш детально програмну частину системи, то першим пунктом є обробка зображення, чи тексту програмою інтерполятором. Також такі програми називають генераторами G-коду.

Сьогодні існують програми, які автоматично генерують G-код за допомогою інтерполяції та інших методів обробки зображень. В результаті роботи такої програми користувач отримує готовий G-код у вигляді окремого файлу.

Наступним кроком є передача згенерованого G-коду у програму-оператор за допомогою якої людина-оператор може керувати верстатом з ЧПУ. У програмі доступне ручне керування, пошук крайніх точок та інші функції. Також за допомогою даної програми можна відкрити файл з G-кодом та відправити керуючу програму у контролер за допомогою лінії зв'язку, тобто контролер повинен бути підключений до комп'ютера на якому встановлена дана програма.

Отримуючи команди від програми-оператора, програма-інтерпретатор у контролері викликає з постійної пам'яті відповідні системні підпрограми, які змушують працювати визначені приводи та рухомий інструмент згідно отриманих інструкцій [5,6].

В якості контролера, який буде приймати керуючу програму та кроковими двигунами, було вибрано Arduino Uno - пристрій на основі мікроконтролера ATmega328 [7,11]. Проте самої плати Arduino Uno недостатньо, оскільки потрібно якимось чином керувати кроковими двигунами [8,9,10], а без спеціальних драйверів це зробити неможливо, тому для використання даної платформи у якості контролера для станка з ЧПУ, необхідно встановити спеціальний CNC Shield V3 на дану платформу. Це спеціально створена плата розширення для Arduino Uno.

Плата розширення CNC Shield 3.0 використовується для створення на основі Arduino UNO (та інших контролерів, які підходять по типу) машин з числовим програмним управлінням (гравірувальна, фрезерна машина), 3D принтерів та інше [11,12]. Плата працює за допомогою програмного забезпечення Arduino GRBL, яке потрібно завантажити. Проте в дану плату розширення необхідно встановити спеціальні драйвери крокових двигунів A4988 [9,10], які використовується для керування біполярними двигунами. Може робити мікрокроки до 1/16 крока. Тобто, якщо двигун робить 200 кроків на 1 оберт, то з драйвером - 3200 кроків. Приводити у рух різьбовий вал буде кроковий двигун 42BYGH47-401A. Для приведення у обертовий рух фрези-гравіра буде використано двигун постійного струму M775.

Таким чином, обравши всі компоненти для виготовлення верстата було розроблено функціональну схему (рис. 2), на якій зображені зв'язки між компонентами, а також загальну структуру системи керування.



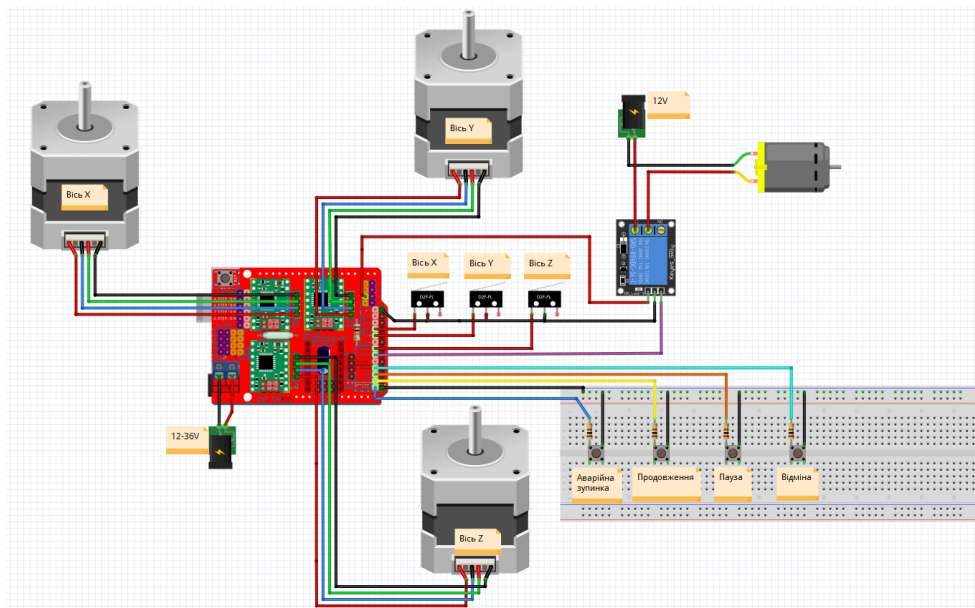


Рисунок 2 – Функціональна схема системи керування фрезерувальним верстатом.

Загальний вигляд розробленого фрезерного верстата показано на рис. 3

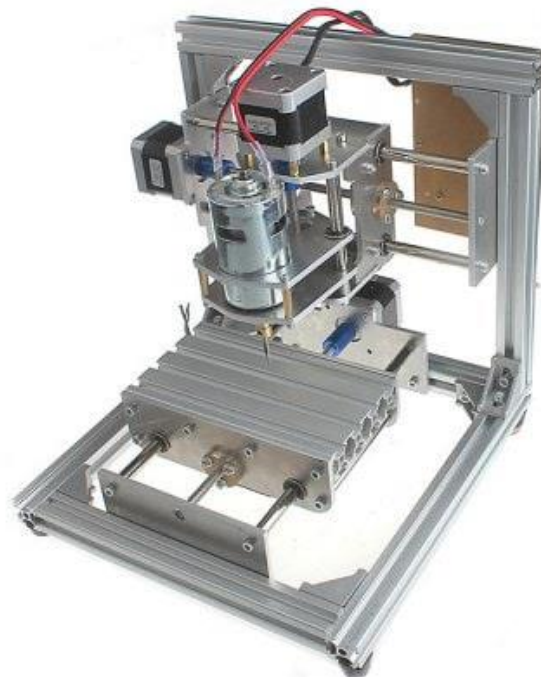


Рисунок 3 – Загальний вигляд фрезерного верстата

**Висновки.** Результатом виконання даної роботи є завершена координатна система для керування тривимірним фрезерувальним верстатом.

Основною відмінністю від подібних систем є те, що розроблена система більш доступна для звичайних користувачів, набагато простіша у

керуванні, не вимагає великих фінансових витрат на придбання, а також програмне забезпечення даної системи є досить простим та інформативним.

### Список використаної літератури:

1. Роль автоматизації виробничих процесів у сучасному виробництві [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: <http://ifreestore.net/3073/2/> (дата звернення 18.05.2018)
2. Роль автоматизації виробничих процесів у сучасному виробництві [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: <http://ifreestore.net/3073/2/> (дата звернення 18.05.2018)
3. Суть програмного керування [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: <http://ifreestore.net/3073/3/> (дата звернення 18.05.2018)
4. Перспективи розвитку систем ЧПК [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: <http://ifreestore.net/3073/8/> (дата звернення 19.05.2018)
5. Siemens Sinumerik 840D [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: [http://stanoks.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=959:siemens-sinumerik-840d-&catid=101:catalogcnc&Itemid=188](http://stanoks.net/index.php?option=com_content&view=article&id=959:siemens-sinumerik-840d-&catid=101:catalogcnc&Itemid=188) (дата звернення 17.05.2018)
6. FANUC – системи ЧПУ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: <https://dmliefer.ru/sites/default/files/cnc-ru.pdf> (дата звернення 15.05.2018)
7. UNO Плати Ардуїно [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (дата звернення 20.05.2018)
8. Кроковий електродвигун [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Кроковий\\_електродвигун](https://uk.wikipedia.org/wiki/Кроковий_електродвигун) (дата звернення 22.05.2018)
9. Драйвер шагового двигателя [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Режим доступу:
10. [http://wiki.purelogic.ru/index.php?title=Драйвер\\_шагового\\_двигателя](http://wiki.purelogic.ru/index.php?title=Драйвер_шагового_двигателя) (дата звернення 22.05.2018)
11. Плата расширения ЧПУ Arduino UNO CNC Shield v3.0 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу: <http://electrochip.mk.ua/product/plata-rasshireniya-chpu-arduino-uno-cnc-shield-v3-0/> (дата звернення 25.05.2018)
12. A4988 Datasheet [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Режим доступу:

УДК 534.87:620.192

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ТРАСУВАННЯ ПРОМЕНІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПОШИРЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ

*Євчук О. В., Аббязов Т.Р.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

**Анотація.** *Описано алгоритм моделювання ультразвукового поширення, який використовує метод трасування променів для моделювання акустичного поля в об'єктах довільної конфігурації і дозволяє локалізувати дефекти шляхом порівняння вимірюваних і модельованих імпульсних відгуків досліджуваного об'єкта.*

**Abstract.** *An algorithm of modeling ultrasound propagation is described which uses ray trace method for simulating acoustic field in objects of arbitrary configuration and allows localization of defects by comparing measured and modeled impulse responses of object under research.*

В задачах неруйнівного контролю, що використовують ультразвукові сигнали, необхідно визначити наявність та, за можливості, місцезнаходження дефектів на основі аналізу сигналу, що генерується за допомогою генератора ультразвукових коливань, вводиться у досліджуваний об'єкт, поширюється у товщі його матеріалу, відбиваючись від границь середовища та його неоднорідностей та вимірюється або у тій же точці, або на іншій доступній для установки давача поверхні об'єкта [1]. У випадку, коли геометрична форма об'єкту є простою, аналіз як правило зводиться до вимірювання інтервалів між імпульсом прямого поширення або однократно відбитого від протилежної поверхні та імпульсами, відбитими від неоднорідностей середовища, що розглядаються як дефекти. Знаючи час поширення ультразвукової хвилі у матеріалі об'єкту, можна визначити відстань до дефекту.

Метод трасування променів дозволяє виконати моделювання поширення акустичного сигналу у середовищі із довільною геометричною конфігурацією, що може бути як завгодно складною. Цим даний метод відрізняється від аналітичних методів, які зазвичай дозволяють описати акустичне поле лише для простих об'єктів. Історично склалося так, що метод трасування променів традиційно застосовується переважно в галузі архітектурної акустики, зокрема у задачі ауралізації [2]. Ауралізація має на меті створення такого комп'ютерного алгоритму для моделі приміщення зі звучанням того чи іншого звукового фрагмента, який дозволяє побудувати амплітудно-часове представлення звукового сигналу вихідного фрагмента в тому вигляді, як він би звучав саме в цьому приміщенні, - без проведення натурних фізичних випробувань. Після створення такого алгоритму і побудови амплітудно-часової функції сигналу звукове відтворення даного музичного фрагмента в розглянутому «віртуальному» приміщенні можливе через звичайні електроакустичні системи. Алгоритм ауралізації передбачає:

- моделювання процесу поширення звукових хвиль від імпульсного джерела звуку в модельованому приміщенні;
- згортку звукового сигналу первинного музичного або мовного фрагмента з функцією побудованого імпульсного відгуку приміщення.

Аналогічні завдання слід вирішити і при моделюванні поширення ультразвукового сигналу, що генерується та приймається ультразвуковими сенсорами, які розміщуються на поверхні досліджуваного об'єкта. Таким чином, до цієї задачі можна застосувати існуючі теоретичні напрацювання, що стосуються ауралізації приміщень, на основі яких можна розробити алгоритм поширення ультразвукових коливань та дослідити зміни імпульсної характеристики об'єкта при наявності та різній локалізації дефектів.

Для досліджень методу було написано програмне забезпечення, що реалізує метод трасування променів для двовимірного випадку. Вихідними даними для моделювання є список контурів, що задають форму досліджуваної деталі та положення і конфігурацію дефектів, а також координати генератора і приймача ультразвукових сигналів. Кожен контур задається списком точок, що його утворюють. В процесі моделювання будується траєкторія для кожного променя, що випускається із генератора та відбивається від границь об'єкта і внутрішніх дефектів. На рис. 1 показано траєкторії всіх променів до першого відбивання для невеликої кількості променів. В загальному

випадку кількість променів повинна бути достатньо великою, щоб забезпечити більш рівномірне покриття об'єму та підвищити імовірність попадання променів у приймач.

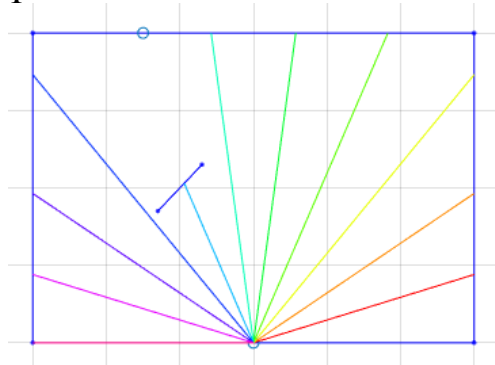


Рисунок 1 — Траєкторія променів до першого відбивання

Для кожного променя шукається точка перетину з деякою поверхнею або дефектом та здійснюється побудова відбитого променя. Для відбитого променя повторюється та сама процедура пошуку точки перетину, що і для попереднього променя, а також перевірка на влучання променя у область приймача. При кожному відбиванні промінь втрачає частину початкової енергії, оскільки при падінні звукової хвилі на межу розділу середовищ частина енергії буде відбиватися в перше середовище, а частина - проходити в друге середовище. Співвідношення між відбитою енергією і енергією, що проходить в друге середовище, визначається хвильовими опорами першого і другого середовища, які можна знайти у довідковій літературі [3].

Проходження променя через середовище моделюється за допомогою коефіцієнта затухання, що вимірюється в децибелах на метр та визначається характеристиками середовища.

Для кожного потрапляння у приймач до імпульсної характеристики додається елемент, енергія якого дорівнює поточній енергії променя. Положення елемента на осі часу розраховується виходячи із довжини променя і швидкості звуку. Процедура пошуку відбиттів завершується, коли енергія променя зменшується у  $10^6$  разів від його початкової енергії в результаті затухання в середовищі та втратах при відбиванні.

На рис. 2 показано приклад моделювання для невеликої кількості променів при відсутності та наявності одиночного лінійного дефекту для деталі простої форми.

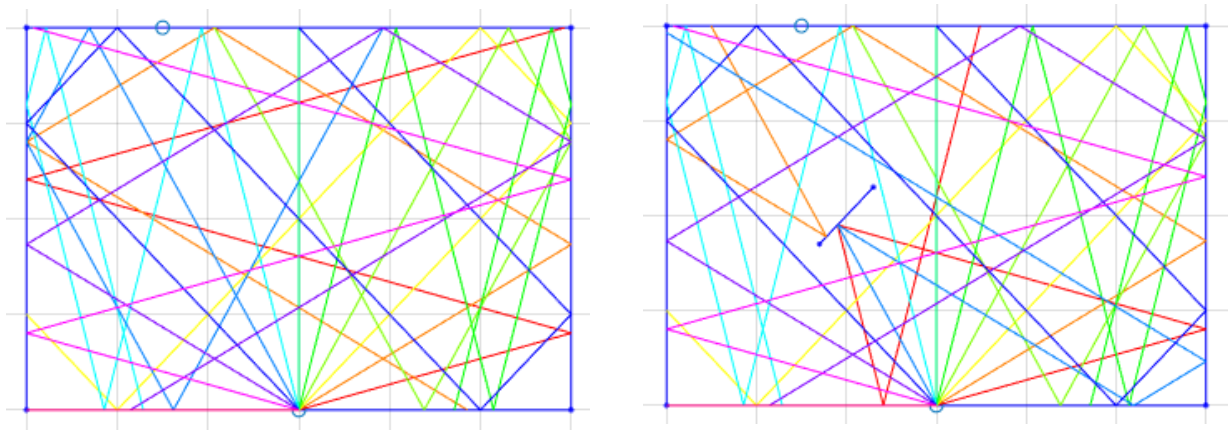


Рисунок 2 — Результати моделювання при відсутності та наявності дефекту

На рис. 3 показано результат моделювання для деталі більш складної форми.

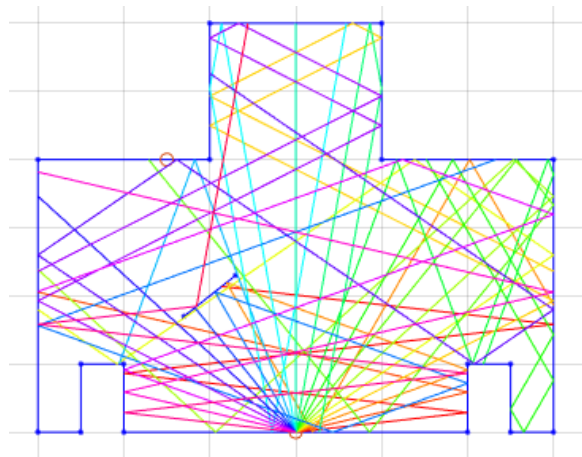


Рисунок 3 — Результат моделювання при наявності дефекту

Отримавши імпульсну характеристику для заданої деталі без дефектів, можна здійснювати діагностування, порівнюючи із нею вимірний сигнал на ультразвуковому сенсорі. Відсутність деякого елемента може свідчити про те, що шлях даного променя був перекритий дефектом, тому він не потрапив у приймач. Якщо для кожного такого елемента запам'ятовувати номер променя і кількість відбивань, можна визначити напрям на дефект від точки останнього відбивання. Якщо таких елементів буде два або більше, то дефект можна локалізувати у місці перетину відповідних ділянок відбитих променів.

Таким чином, трасування променів є перспективним методом моделювання поширення ультразвукових коливань, що дозволяє будувати зразкові імпульсні характеристики для об'єктів довільної форми з їх подальшим використанням у задачах неруйнівного контролю технічних об'єктів.

## Список використаної літератури:

1. Ключев В. В. Неразрушающий контроль. Том 3. Ультразвуковой контроль. - М.: Машиностроение, 2004. - 864 с.
2. Vörländer M.. Auralization. Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality. – Berlin: Springer. – 2007. – 335p.
3. Сухоруков В.В. Неразрушающий контроль. – М: Высшая школа, 1991. – 283с.

УДК 669-1

## РЕАЛІЗАЦІЯ ДИСКРЕТНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ХВИЛЬОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕРЕДОВИЩА НА РІЗНИХ ЧАСТОТАХ

*Стрілецький Ю. Й.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

***Анотація.** Автором було розроблено структурну схему пристрою, що містить генератор сигналів прямокутної симетричної форми, які поступають на цифровий фільтр низьких частот, на виході якого формується сигнал синусоїдальної форми. Запропонований підхід у вигляді генерації сигналу гармонійної форми і двох квадратурних синхросигналів уніфікує будову вимірювальної системи і підвищує точність вимірювання.*

***Abstract.** The author has developed a block diagram of a device containing a generator of signals of a rectangular symmetrical shape, which are fed to a digital low-pass filter, at the output of which a sinusoidal signal is formed. The proposed approach in the form of generating a harmonious waveform and two quadrature clock signals unifies the structure of the measuring system and improves the measurement accuracy.*

Одним з основних параметрів діагностики є стан об'єкту, який визначається на основі інформації, отриманої інформаційно-вимірювальною системою при проведенні контролю. Стан визначається

набором дійсних чисел (параметрів стану)  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , що оцінюють істотні властивості деталей механізму і способи їх з'єднання один з одним в даний момент часу.

При вимірюванні хвилових властивостей середовища на різних частотах використовується генератор гармонійного сигналу зі змінюваною частотою. При цьому амплітуда одного із сигналів є відомою, а інша визначається в процесі дослідження.

Враховуючи недоліки існуючих пристроїв було розроблено структурну схему пристрою [1], що містить генератор сигналів прямокутної симетричної форми, які поступають на цифровий фільтр низьких частот, на виході якого формується сигнал синусоїдальної форми. Таким чином, формується три сигнали гармонійної форми і два синхросигнали зсунуті один відносно одного на 90 градусів.

Запропонований підхід у вигляді генерації сигналу гармонійної форми і двох квадратурних синхросигналів може реалізуватися різними засобами в залежності від частотного діапазону, в якому пропонується проводити визначення складових хвильового коефіцієнту середовища. Для збільшення уніфікованості використання і розширення частотного діапазону визначення імпедансу було розроблено цифрову структуру, яка може монтуватися до складу систем вищого рівня. Такий підхід дозволяє спростити побудову вимірювальних систем для визначення складових хвильового коефіцієнту середовища, в тому числі.

Із використанням розробленого спецпроцесора було розроблено прилад для вимірювання складових хвильового коефіцієнту середовища. Структурну схему такого пристрою наведено на рис. 5.24

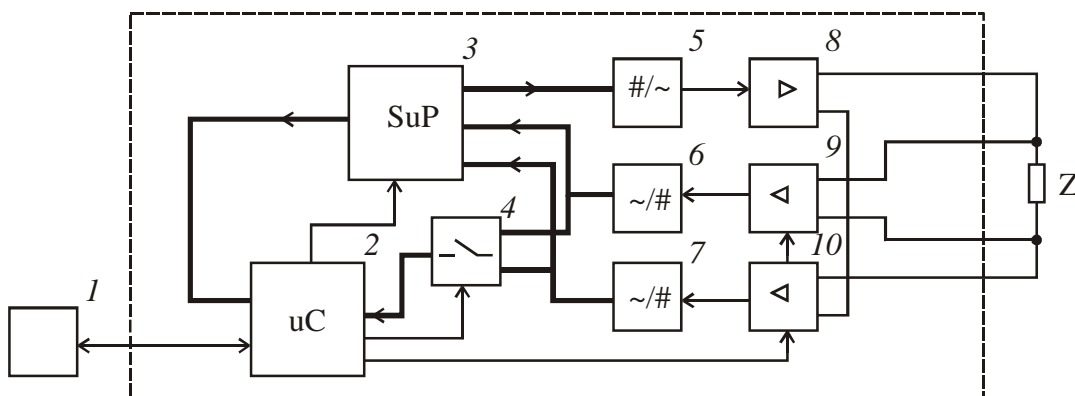


Рисунок 1–Структурна схема приладу для визначення спектрального імпедансу із використанням спецпроцесора



Режими роботи пристрою і інтерфейс із користувачем здійснює мікроконтролер 2 за допомогою блоку інтерфейсу 1. Мікроконтролер 2 формує сигнали для завантаження спецпроцесора 3. Також він здійснює підбір коефіцієнтів підсилення вхідних сигналів. Для цього мікроконтролер відслідковує сигнали АЦП 6 і 7 за допомогою комутатора 4. При потребі коефіцієнт підсилення міняється в блоках буферної обробки 9 і 10. Спецпроцесор 3 формує код, який поступає на блок ЦАП 5 і на буферний підсилювач 8, який формує вихідний сигнал у вигляді струму.

Запропоноване рішення уніфікує будову вимірювальної системи і підвищує точність вимірювання.

### Список використаної літератури:

1. Стрілецький Ю.Й. Пристрій для вимірювання електричного імпедансу //Ю.Й. Стрілецький, В.А. Ровінський, О.В. Євчук, С.І. Мельничу, І.М. Лазарович / №112046, G01N 27/26, опубл. 11.04.2016, бюл№7.

УДК 669-1

## ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ В МЕТАЛЕВІЙ ПЛАСТИНІ НА ВИД ЇЇ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ

*Лютак І. З., Лютак З. П.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [iit@nung.edu.ua](mailto:iit@nung.edu.ua), +38 (0342) 72-71-85*

***Анотація.** Використовуючи метод опрацювання сигналів було проведено лабораторні дослідження серії металевих взірців із різною степенню залишкової деформації. Результати дослідження підтвердили правильність розробленої методики дослідження із використанням безрозмірного коефіцієнта відношення частот.*

***Abstract.** Using the method of signal processing, laboratory studies of a series of metal samples with varying degrees of residual deformation were carried out. The results of the study confirmed the correctness of the developed research methodology using the dimensionless frequency ratio.*

Методи оцінювання властивостей металу ґрунтуються на обробці діагностичних сигналів, які формуються шляхом механічного впливу на відповідну конструкцію чи окремий взірець. В загальному випадку можна виділити декілька видів сигналів для формування збуджуючого впливу, реалізація яких потребує використання електромагнітних, акустичних і п'єзоелектричних перетворювачів, зокрема: одиночний імпульсний сигнал, хвилі якого поширюються матеріалом, зазнаючи спотворень. В ході обробки таких прийнятих сигналів оцінюється час їх поширення та ступінь затухання амплітуди; циклічні імпульсні сигнали, формування яких передбачає введення системи в квазірезонансний режим збудження хвилі. В ході обробки оцінюється швидкість поширення таких сигналів і на основі зміни цієї швидкості оцінюють стан досліджуваного матеріалу.

На час поширення хвилі слабо впливає стан поверхні деталі, однак виявлення незначних змін структури матеріалу унеможлиблюється недостатньою роздільною здатністю засобів оцінки форми хвилі, зокрема, при незначних розмірах об'єкта. У випадку використання циклічного збудження хвилі пропорційно до тривалості спостереження зростає кількість даних про її форму. Це дозволяє покращити роздільну здатність вимірювання часових параметрів поширення хвилі в автоколивальному режимі за рахунок зменшення впливу випадкової похибки.

До спільних недоліків вищевказаних методів слід віднести необхідність використання взірців тестових матеріалів для налаштування чутливості первинних перетворювачів систем діагностування, а також їх обмеженість локальними вимірюваннями, що призводить до необхідності створення систем сканування для виявлення місць локальної зміни властивостей, пов'язаних зі змінами в структурі металу, наприклад, пластичною деформацією.

При коливанні струна чинить зусилля на основу, тому для виявлення впливу пружно-пластичних властивостей металевої основи необхідно використовувати циклічні вимірювання та застосовувати накопичувальні методи обробки сигналів, при чому, впродовж всього часу вимірювання амплітуда коливань струни має бути сталою. Запропонований метод дослідження властивостей металевої деталі дозволяє зменшити потребу у використанні еталонних досліджень, що розширює коло застосувань методу [1].

Використовуючи наведений метод опрацювання сигналів було проведено лабораторні дослідження серії металевих взірців із різною ступінню залишкової деформації [2]. Результати дослідження підтвердили правильність розробленої методики дослідження із використанням безрозмірного коефіцієнта відношення частот.

### **Список використаної літератури:**

1. Лютак З.П. Підвищення точності контролю товщини металу безеталонним методом//Лютак З.П. Стрілецький Ю.Й., Нестерук Д.В., Гах Б.Я., Жуков Б.Я. Матеріали 7-мої н/т конф. Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання. 25-28 листопада 2014р. Івано-Франківськ.

2. Стрілецький Ю.Й. Спосіб виявлення зміни пластичних властивостей металеві пластини за частотами мод натягнутої над нею струни/Ю. Й. Стрілецький, В.А. Ровінський // Металофізика і новітні технології. Т.39. вип. 10. –2017. – с. 1377-1393

## ЗМІСТ

	с
<b>Аубакир Д., Азен Е. Д., Замиховский Л. М.</b> Перспективы научно-практического развития альтернативного источника энергии и системы его диагностирования.....	4
<b>Кучерук В.Ю., Глушко М.В.</b> Діагностування швидкості програмного забезпечення, як фактор впливу на результат точності рекомендаційних систем.....	10
<b>Petryshyn M., Pivarchuk</b> Modeling of information form transformation processes in positional numeral systems based on the vector-branching diagrams.....	15
<b>Заміховський Л.М., Кіцкайло М.Я., Романюк А.Б.</b> Вдосконалення динамографічного методу діагностування штангових глибинно-насосних установок для видобутку нафти на базі апарату нейронних мереж.....	20
<b>Trushakov D., Osadchiy S.</b> Diagnostic the reliability of the computing complexes.....	28
<b>Малько О. Г.</b> Діагностування концентрації органічних сполук в побутових та річкових водах.....	32
<b>Николайчук М. Я., Школьный Р. М., Крицак С. В.</b> Організація уніфікованого web-доступу до клієнт-серверних систем управління технологічними об'єктами .....	37
<b>Заміховський Л. М., Зікрятий С. В., Штаєр Л. О.</b> Розробка інформаційно - аналітичної системи контролю надійності та моніторингу технічного стану сак гпа.....	43
<b>Заміховський Л.М., Татарин Т.М., Іванюк Н.І.</b> Розробка апаратно-програмного забезпечення системи діагностування передпомпажних ситуацій на ГПА.....	49
<b>Кучерук В. Ю., Дудатьєв І. А., Баранець В. В., Драч Р. П.</b> Метод та засіб контролю концентрації двоокису вуглецю у димових газах	

котельних установок.....	62
<b>Ольховський А.О., Паньків Ю.В.</b> Проектування охоронної системи інтелектуального рівня на основі теорії розпізнавання та ідентифікації.....	66
<b>Демчик І. Л.</b> Інтелектуальні сенсори в інформаційно-вимірювальних системах.....	72
<b>Нісонський В.П.</b> Математичне моделювання в задачах діагностування ливарного обладнання.....	75
<b>Аубакир Д.А., Ахтатбаев Л.С.</b> Повышение диагностических качеств профессиональных ресурсов учащихся вузов, посредством планируемой в Республике Казахстан подведомственной академии «ШПА-ИСП».....	80
<b>Зікратий С. В., Духович О.</b> Інтеграція підтримки месенджерів в систему управління задачами trello.....	85
<b>Крихівський М. В.</b> Діагностування систем екологічного характеру зі змінною структурою.....	92
<b>Левицький І. Т.</b> Розробка scada-системи для управління процесом діагностування, виявлення і видалення металовключень у сипучій сировині.....	94
<b>Гобир Л. М., Чесановський М. С., Потеряйло Л. О., Шекета В. І.</b> Симуляція режимів тестування в системах контролю свердловин.....	100
<b>Дмітрієв Ю.О., Заміховська О.Л., Липка С.Я.</b> Давач мутності води для системи автоматичного контролю забрудненості річкових вод.....	107
<b>Николайчук М. Я., Гедзик Д. Я., Середюк В. В.</b> Організація імітаційного режиму роботи системи керування еталоном об'ємної витрати газу.....	112
<b>Аубакир Д., Азен Е.</b> Ветро-воздушная энергетическая установка «веретено-поддув-катушка-лифт».....	120
<b>Заміховський Л.М., Лисканич О.М.</b> Програмне забезпечення	

інтелектуального давача контролю втомного руйнування різьбових з'єднань бурильних колон.....	127
<b>Белей О.І., Островська А.А.</b> Встановлення взаємозв'язку кліматичних факторів за рівнем паводкових вод.....	137
<b>Мороз І.Б., Скрип'юк Р.Б.</b> Розробка трьохвимірної координатної системи управління фрезерувальним верстатом.....	142
<b>Євчук О. В., Аббязов Т.Р.</b> Використання методу трасування променів при моделюванні поширення ультразвукових сигналів.....	147
<b>Стрілецький Ю. Й.</b> Реалізація дискретної системи оцінки хвильових властивостей середовища на різних частотах.....	151
<b>Лютак І. З., Лютак З. П.</b> Вплив механічних втрат в металевій пластині на вид її власних коливань.....	153

Наукове видання

**VI (XXX) Міжнародна міжвузівська школа семінар «Методи  
і засоби діагностики в техніці та соціумі  
(МіЗД ТС-2018)»**

Збірник матеріалів

Комп'ютерний набір: О.Ю. Мірзоєва  
Комп'ютерна верстка: М.І. Куриляк

Підписано до друку 26.12.2018. Формат 60x84<sub>1/16</sub>.  
Обл.-вид. арк. 5,47  
Ум. друк. арк. 9,37. Гарнітура Times New Roman.  
Наклад 150. Зам. 297.

Віддруковано на поліграфічній дільниці  
видавництва «Факел», ІФНТУНГ  
76019, м. Івано-Франківськ  
вул. Карпатська, 15