

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**



**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ  
В ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.С. ПУХОВА**



**НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
«БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИКИ В ЕПОХУ  
ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ»**

**ПРОГРАМА ТА МАТЕРІАЛИ**

**20 грудня 2019 року**

Київ – 2019

УДК [621.3+620.9]:[004[056.53+42+94] + 504.06]

ББК 31

Б-39

Рекомендовано до друку  
Вченою радою Інституту  
проблем моделювання в  
енергетиці ім. Г.Є. Пухова  
НАН України (протокол  
№14 від 12 грудня 2019 р.)

**Б-39** **Безпека енергетики** в епоху цифрової трансформації, науково-практична конференція Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України : програма та матеріали, 20 грудня 2019 р. Київ : ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2019. 115 с.

© Автори публікацій, 2019

© ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2019

## ***ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ***

Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України  
(м. Київ)  
Асоціація «Інформатіо-Консорціум»

### ***ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ***

**Мохор Володимир Володимирович**

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор,  
директор Інституту, голова програмного комітету

**Чемерис Олександр Анатолійович**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

**Куцан Юлій Григорович**

доктор технічних наук, заслужений енергетик України

**Гончар Сергій Феодосійович**

кандидат технічних наук, учений секретар Інституту

**Богданов Олександр Михайлович**

доктор технічних наук, професор

**Борукаєв Зелімхан Харитонович**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

**Васильєв Всеволод Вікторович**

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор

**Верлань Анатолій Федорович**

доктор технічних наук, професор

**Винничук Степан Дмитрович**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

**Владимирський Олександр Альбертович**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

**Євдокимов Віктор Федорович**

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор,  
почесний директор Інституту

**Самойлов Віктор Дмитрович**

доктор технічних наук, професор

**Саух Сергій Євгонович**

доктор технічних наук, професор

**Яцишин Андрій Володимирович**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

## ***ГРАФІК РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ***

**20 грудня 2019 року**

9.00 – 10.00 – заїзд та реєстрація учасників конференції;  
10.00 – 10.15 – офіційне відкриття конференції;  
10.15 – 11.45 – панельні презентації, дискусії;  
11.45 – 13.30 – круглі столи, дискусії;  
13.30 – 14.00 – перерва;  
14.00 – 18.00 – виступи по доповідях, дискусії;  
18.00 – 18.30 – підведення підсумків роботи конференції;  
18.30 – 20.00 – від'їзд учасників.

## ***РЕГЛАМЕНТ РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ***

Панельні презентації - до 10 хв.

Дискусії - до 20 хв.

Запитання доповідачам - до 7 хв.

Виступи по доповідях - до 5 хв.

**20 грудня 2019 року**

Актова зала Інституту, малий конференц-зал Інституту,  
аудиторії Науково-навчального центру кіберфізичних систем Інституту  
(5 поверх)

## ***ОФІЦІЙНЕ ВІДКРИТТЯ КОНФЕРЕНЦІЇ***

Вітальне слово директора Інституту проблем моделювання  
в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, чл.-кор. НАН України,  
д-ра техн. наук, професора **Мохора Володимира Володимировича**

## ПАНЕЛЬНІ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

УДК 621.3::004.056.53

**Борукаєв Зелімхан Харитонович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*пров. наук. співроб., д-р техн. наук*  
zelimh1948@gmail.com

**Євдокімов Володимир Анатолійович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*пров. наук. співроб., канд. наук з держ. упр.*  
ievdokimov40@gmail.com

### **ПРО ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НА КІБЕРБЕЗПЕКУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ**

*Анотація.* Проведено короткий аналіз сучасного стану використання відновлювальних джерел енергії в енергетиці України. На його основі сформульовано основні проблеми, серед яких і кібербезпека інформаційно-технологічних процесів взаємодії генеруючих об'єктів розподіленої генерації з діючими системами оперативно-технологічного управління та комерційного обліку електроенергії, від своєчасного вирішення яких істотно залежать перспективи подальшого розвитку розподіленої генерації в Україні.

*Annotation.* The current state of renewable energy use in the energy sector of Ukraine is briefly analyzed. On the basis of it, the main problems are formulated, among them cybersecurity of information-technological processes of interaction of generating objects of distributed generation with operating systems of operational and technological management and commercial accounting of electricity, from which the prospects of further development of distributed generation in Ukraine significantly depend on timely solution.

**Верлань Анатолий Фёдорович,**  
*ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины,*  
гл. науч. сотр., профессор, д-р техн. наук  
a.f.verlan@gmail.com

## **НЕНАДЁЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОБЛЕМЕ ИХ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Аннотация.* Любая техническая система предназначена для выполнения определенной функции, реализуемой посредством некоторого процесса. В течение рабочего времени данный процесс выполняется, но можно ожидать появления его нарушений. Для продолжения нормального процесса необходимо устранять основные функциональные нарушения сразу после их возникновения посредством регулировки, ремонта, замены блоков, вызывающих нарушения. Опасные нарушения вызывают эффекты, приводящие к авариям, то есть определяют ненадежность системы. Наличие обслуживающего персонала приводит к необходимости рассмотрения социально-технической системы, для определения степени опасности которой следует учитывать определенное множество факторов опасности и ненадежности. При этом выполняется как качественный, так и количественный анализы характера и уровня поражений причастных к системе людей. Ненадежность приводит к необходимости применения программ техники безопасности. Таким образом, наличие факторов ненадежности и ожидания их воздействия на систему является внутренней угрозой ее безопасности, в отличие от возможных внешних угроз, вызываемых иными факторами.

*Annotation.* Any technical system is designed to perform a specific function that is accomplished through some process. During work hours, this process is completed, but its violations can also appear. In order to continue the normal process, it is necessary to eliminate the basic functional disorders immediately after their occurrence by adjusting, repairing, replacing the blocks causing the disorders.

Dangerous violations cause the effects that lead to crashes, that is, determine the unreliability of the system. The availability of service personnel leads to the need to consider a socio-technical system, in order to determine the degree of danger, which must take into account a number of factors of danger and unreliability. In this case, both qualitative and quantitative analyzes of the nature and level of lesions involved in the system of people are performed. Unreliability leads to the need for security programs. Thus, the presence of unreliability factors and the expectation of their impact on the system is an internal threat to its security, unlike the possible external threats caused by other factors.

УДК 004.056.53::621.3

**Васильєв Олексій Всеволодович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
oleksii.vasyliiev@gmail.com

## **АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ У СЕКТОРІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ КІБЕРБЕЗПЕКИ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

*Анотація.* У матеріалах доповіді представлено результати розробки онтологічної схеми проблем кібербезпеки енергетичних систем та обладнання за останні десять років. Проаналізовано тенденції розвитку напрямів дослідження, виявлено основні рейтинги спеціалістів та установ, що проводять такі дослідження.

*Annotation.* The report presents the results of the development of an ontological scheme of cyber security problems of energy systems and equipment over the last ten years. The tendencies of development of directions of research are analyzed, the main ratings of specialists and institutions conducting such researches are revealed.

**Васильєв Всеволод Вікторович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*чл.-кор. НАН України, професор, д-р техн. наук*  
vsvv06@gmail.com

**Чьочь Вікторія Володимирівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
victoria.choch@gmail.com

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДУ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПУХОВА ТА МЕТОДУ S-ПЕРЕТВОРЕНЬ**

*Анотація.* У матеріалах доповіді представлено результати порівняльного аналізу існуючих методів цифрової обробки сигналів, а також структурної та параметричної ідентифікації математичних моделей динамічних систем. Демонструється комплекс програм, який реалізує метод диференціальних перетворень Пухова і метод s-перетворень в програмному середовищі Mathematica (WolframInc.). Вирази прямого диференціального перетворення, що вимагають виконання багаторазового диференціювання в методі диференціального перетворення, можуть замінюватися аналогічними виразами методу s-перетворення, що містять тільки інтегральні оператори.

Представляється порівняльний аналіз функцій систематичних похибок згаданих операційних методів, що показав перспективність спільного їх використання. На ряді тестових сигналів показано, що для різних систем базисних функцій, їх порядку і діапазону зміни тимчасового аргументу норма квадратичної похибки зворотного операційного перетворення для методу s-перетворення в 100 - 1000 разів менше аналогічної норми для методу диференціальних перетворень Пухова.

Показано, що з метою підвищення точності операцій прямого диференційного перетворення і виключення необхідності диференціювання у випадку обробки зашумлених сигналів доцільно програмний комплекс доповнити операціями попередньої обробки за методом S-перетворення, який не потребує диференціювання. Такий підхід істотно розширює операційні можливості методу.



УДК [004.056.53+006.3]::621.3

**Герасимов Ростислав Павлович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*наук. співроб.*  
gerasimov.rostislav@gmail.com

## **АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО КІБЕРБЕЗПЕКИ В ЯДЕРНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ**

*Анотація.* Проводиться аналіз існуючої нормативної бази з кібербезпеки ядерних об'єктів України. Встановлюються можливості гармонізації законодавчої бази в галузі кібербезпеки України з сучасними міжнародними стандартами. Констатується, що розробка нормативних документів з кібербезпеки в ядерній енергетиці дуже актуальна і потребує подальшого розвитку.

*Annotation.* An analysis of the existing cybersecurity regulatory framework for Ukraine's nuclear facilities is underway. Possibilities of harmonization of the legislative base in the field of cybersecurity of Ukraine with modern international standards are established. It is stated that the development of regulatory documents on cybersecurity in nuclear energy is very relevant and needs further development.

УДК 621.3

**Годун Олег Вікторович,**  
*ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом»,*  
*керівник Служби проектної безпеки та паливовикористання*  
o\_godun@ukr.net

## **ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА ЯК ФАКТОР СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ЯПЦ**

*Анотація.* Наведено опискритеріїв енергетичної безпеки як факторів забезпечення стійкого розвитку варіантів конфігурацій ядерно-паливних циклів у довгостроковій перспективі. Описано алгоритм застосування аналізу

чутливості при розгляді варіантів конфігурацій енергетичної безпеки ЯПЦ. Проведено оцінку результатів застосування аналізу чутливості на прикладі ЯПЦ України.

*Annotation.* An analysis of the existing cybersecurity regulatory framework for Ukraine's nuclear facilities is underway. Possibilities of harmonization of the legislative base in the field of cybersecurity of Ukraine with modern international standards are established. It is stated that the development of regulatory documents on cybersecurity in nuclear energy is very relevant and needs further development.

УДК 004.056.53::621.3

**Гончар Сергій Феодосійович,**  
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
учений секретар Інституту, канд. техн. наук  
sfgonchar@gmail.com

## **КІБЕРЗАГРОЗИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

*Анотація.* Однією з тенденцій в енергетиці при цифровій трансформації являється створення концепції і впровадження технологій Smart Grid. Успішна реалізація цієї концепції вимагає підвищеної уваги до проблем як сучасних інформаційних технологій, так і до проблем кібербезпеки, оскільки використання сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій збільшує уразливість таких систем для кіберзагроз.

*Annotation.* One of the trends in digital transformation is the creation of the concept and implementation of Smart Grid technologies. Successful implementation of this concept requires increased attention to the problems of both modern information technologies and cyber security issues, since the use of modern information and telecommunication technologies increases the vulnerability of such systems to cyber threats.

УДК 004.94::66.047

**Давиденко Анатолій Миколайович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*пров. наук. співроб., канд. техн. наук, старш. наук співроб.*  
davidenkoan@gmail.com

**Полігучий Олександр Олександрович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*інж. I категорії*  
goodtobixxx@gmail.com

### **ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ КОНТРОЛЕРУ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ЗНЕВОДНЕННЯ БІШОФІТУ**

*Анотація.* В роботі запропоновано промисловий контролер для побудови програмно-технічного комплексу керування процесом зневоднення бішофіту. Показано переваги його використання для побудови автоматизованих систем керування технологічним процесом.

*Annotation.* An industrial controller for the construction of a software and technical complex for managing bischofite dehydration is proposed in the paper. The advantages of its use for the construction of automated process control systems are shown.

УДК 004.056.53::006.32

**Крук Ольга Николаевна,**  
*ІПМЭ ім. Г.Е. Пухова НАН України,*  
*мол. наук. співроб.*  
o.n.kruk@gmail.com

### **ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЙНОЙ БАЗЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

*Аннотация.* Рассмотрена динамика изменения понятийной базы систем управления информационной безопасностью на основе сравнительного анализа

текстов пяти последовательных редакций международного стандарта ISO/IEC 27000 «Information technology - Security techniques Information security management systems - Overview and vocabulary» за 2009, 2012, 2014, 2016 и 2018 годы.

Annotation. The dynamics of change of conceptual base of information security management systems based on the comparative analysis of texts of five consecutive revisions of the international standard ISO / IEC 27000 «Information technology - Security techniques Information security management systems - Overview and vocabulary» for 2009, 2012, 2014, 2016 and 2018 are considered.

УДК 621.3

**Джигун Олена Миколаївна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
elromanenko@gmail.com

### **АЛГОРИТМИ ФОРМУВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ В СИСТЕМАХ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНОВАЖНИХ СТАНІВ ЕНЕРГОРИНКІВ**

*Анотація.* Представлено алгоритми формування та ідентифікації параметрів математичної моделі еквівалентної мережі високовольтних ліній електропередачі, що забезпечують суттєве зменшення кількості модельних ліній та вузлів і адекватно відображають в моделях рівноважних станів енергоринків основні властивості магістральних ліній електропередачі.

Представлено залежності активного опору та граничних навантажень ліній електропередачі від температури та вологості повітря.

Представлено модель обчислення параметрів високовольтних ліній електропередачі в середовищі Excel, що забезпечує отримання значень активного опору та граничних навантажень ліній електропередачі для різних

температури та вологості повітря, а також заданих користувачем значень часу характерної доби обраного місяця. Така модель обчислень використовується в системах моделювання рівноважного стану ринку електроенергії.

*Annotation.* Algorithms for forming and identifying the parameters of a mathematical model of an equivalent network of high-voltage transmission lines are presented, which provide a significant reduction in the number of model lines and nodes and adequately reflect in the models of equilibrium states of energy markets the main properties of the main transmission lines.

The dependences of active resistance and limit loads of transmission lines on temperature and humidity are presented. The model of calculation of parameters of high-voltage power lines in Excel environment is presented, which provides obtaining values of active resistance and limit loads of power lines for different temperatures and humidity of air, as well as user-defined values of time of characteristic day of the selected month. This model of calculation is used in the systems of equilibrium modeling of the electricity market.

УДК 621.3:004.056.53

**Козакова Наталія Олександрівна,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб, канд. фіз.-мат.. наук*  
kazakova@nas.gov.ua

## **ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ І КІБЕРНЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ПРАВОВОМУ ПОЛІ УКРАЇНИ**

*Анотація.* Викладено результати аналізу змістовних зв'язків базових положень кібернетичної безпеки та енергетичної безпеки в основних законодавчих актах України.

*Annotation.* The results of the analysis of the substantive relations of the basic provisions of cyber security and energy security in the main legislative acts of Ukraine are presented.

**Куцан Юлий Григорьевич,**  
*ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины,*  
*д-р техн. наук, заслуженный энергетик Украины*  
kutsan.ug@ipme.kiev.ua

**Подгуренко Владимир Сергеевич,**  
*ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины,*  
*канд. техн. наук*

**Терехов Владимир Евгеньевич,**  
*ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины,*  
*аспирант*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПЬЮТЕРИЗОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВЕТРОПАРКОВ УКРАИНЫ**

*Аннотация.* Актуальна ли кибернетическая безопасность в технологическом процессе выработки электроэнергии ветропарками Украины? Как показывает практика эксплуатации – весьма актуальна.

В технологическом процессе жизнедеятельности ветропарков участвуют две основные компьютеризированные системы: диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) и автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Устойчивая работа SCADA гарантируется поставщиком ветроэлектрических установок за счет использования им надежнейшего сетевого оборудования и профессиональным уровнем администрирования в процессе эксплуатации. Отказоустойчивость АСКУЭ во многом зависит от правильного выбора конфигурации оборудования, а также профессионализма наладчиков и обслуживающего персонала ветропарка. Именно по этим причинам АСКУЭ является наиболее уязвимой для кибератак.

Как показывает практика, экономия на такой важной для работы ветропарка системе приводит к её отказам в виде потери прав администратора, запуска вредоносных программ по краже информации, реализации DDoS атак и других.

Простой АСКУЭ после кибератак вызывают нарушения во взаиморасчетах с Гарантированным покупателем электроэнергии, а конечные финансовые потери превышают первоначальную мнимую экономию на данной системе.

В эпоху цифровой трансформации повысить безопасность работы ветропарков возможно использованием специализированных аппаратно-программных комплексов (АПК), которые обеспечивают эффективную защиту коммуникационного оборудования АСКУЭ от несанкционированных включений. На данном этапе развития такие комплексы созданы (руководитель А.И.Рышкевич, Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова) и находятся в стадии промышленного внедрения.

*Annotation.* Is cyber security relevant for the technological process of electricity generation by Ukrainian wind farms? As the practice of operation shows, it is very relevant.

There are two main computer-aided systems involved in the technological process of wind farms lifecycle: supervisory control and data acquisition (SCADA) as well as an automated system for monitoring and accounting of energy resources (ASKUE).

The supplier of wind power installations guarantees SCADA stable operation through the usage of the most reliable network equipment and a professional level of administration during operation. The fault-tolerance of ASKUE largely depends on the correct choice of equipment configuration, as well as the professional skills of service engineers and maintenance staff of the wind farm. Hence, ASKUE is the most vulnerable to cyber attacks.

As practice shows, cost cutting in the system so important for the operation of a wind farm leads to its failure in the form of loss of administrator rights, launching of malicious software stealing information, DDoS attacks etc.

The ASKUE downtime after cyberattacks causes violations in mutual payment with the Guaranteed Buyer of Electricity, and the ultimate financial losses exceed the initial imaginary savings on this system.

In the era of digital transformation, it is possible to increase the safety of wind farms by using specialized hardware and software systems (HSS) providing the effective protection of ASKUE communication equipment from unauthorized switching on. At this stage of development, such systems have been created (supervisor A.I. Rishkevich, G.E.Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering) and are in the process of industrial implementation.

УДК 004.056.53:004.9

**Кравцов Григорій Олексійович,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. техн. наук, канд. техн. наук*  
hryhoriy.kravtsov@gmail.com

## **СИЛЬНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ**

*Анотація.* Розглянуто розвиток технології штучного інтелекту в контексті забезпечення кібербезпеки. Виокремлено загрози використання сильного штучного інтелекту стосовно несанкціонованого доступу до інформації або порушення нормального функціонування об'єктів критичної інфраструктури. Приділено увагу вразливості сильного штучного інтелекту адаптовуватися під авторизованого користувача, що дозволяє йому залишатися не поміченим системами забезпечення кібербезпеки. Сформовано проблеми використання сильного штучного інтелекту, зокрема, забезпечення його кібербезпеки.

*Annotation.* The author researches the development of AI in the context of cybersecurity. Threats of AI using in the direction of getting unauthorized access required to pay special attention of experts. The ability of AI to mimicry of an authorized user lets AI be invisible or undetectable for the systems of cybersecurity. In the talk, the vision of how to protect AI in the era of digital transformation is given.



УДК 004.056.53

**Комаров Максим Юрійович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
maxkom@i.ua

## **АНАЛІЗ ШКІДЛИВОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЯК КІБЕРЗБРОЇ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

*Анотація.* У доповіді розглядаються таке відоме шкідливе програмне забезпечення, як Stuxnet, Duqu, Flamer, Gauss, а також новітні види шкідливого програмного забезпечення, які фахівці з кібербезпеки відносять до кіберзброї.

*Annotation.* The report looks at known malware such as Stuxnet, Duqu, Flamer, Gauss, as well as the latest types of malware that cybersecurity experts refer to.

УДК 004.056.53

**Мохор Владимир Владимирович,**  
*директор ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины,*  
*чл.-кор. НАН Украины, д-р техн. наук, профессор*  
v.mokhor@gmail.com

## **ЦИФРОВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИКИ: АСПЕКТЫ SAFETY И SECURITY**

*Аннотация.* В докладе акцентировано внимание на актуальности проблемы обеспечения информационной защищенности (Security) и кибернетической безупречности (Safety) компьютеризированных систем управления в энергетике.

*Annotation.* The report focuses on the relevance of the security problem information security and cybernetic integrity (Safety) of computerized control systems in energy.

**Нікітченко Володимир Володимирович,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
v.nikitchenko.ua@gmail.com

**МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ І ПРАКТИЧНОГО ІСНУВАННЯ  
ГЛОБАЛЬНОЇ УНІФІКОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОНТОЛОГІЇ,  
ЯК ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ СИЛЬНОГО ШТУЧНОГО  
ІНТЕЛЕКТУ**

*Анотація.* Онтологія, за Т.Грубером, являє собою опис декларативних знань у вигляді класів із відношеннями між ними. На думку Н.Ноя і Д.МакГіннеса, онтологія – це формальний явний опис понять предметної галузі (класів), властивостей кожного поняття, що містить різні якості й атрибути понять (властивості, ролі, слоти), обмеження, що додаються до властивостей (фацетів). Онтології разом із набором індивідуальних екземплярів класів формують базу знань. Аналіз відкритих наукових публікацій показав, що ведеться активна робота зі створення комп'ютерних онтологій різними науковими інституціями. Історія розвитку технологій свідчить, що логічним розвитком будь-якої технології стає її стандартизація. Інтелектуальні технології не будуть винятком, але вони нерозривно пов'язані з наявними комп'ютерними онтологіями, тому стандартизація онтологій є завданням, яке буде стояти перед людством в найближчі часи, що підтверджує актуальність цієї теми. В межах дослідження планується дати відповідь на питання щодо можливості створення і практичного існування Глобальної уніфікованої комп'ютерної онтології, вирішення якого є наріжним каменем для побудови Сильного Штучного Інтелекту.

*Annotation.* According to T. Gruber, Ontology is a description of declarative knowledge in its classes with a decrease between them. According to N. Noah and D. McGinnes, ontology is a formal explicit description of the concept of a subject (classes), a powerful other way that needs to be meaningful (important, roles, slots), limited, added to power (facets). Ontologies are used to set individual instances of

classes form a knowledge base. The analysis of open scientific publications has shown that there is an active work on the creation of computer ontologies by various scientific institutions. The history of technology development shows that the logical development of any technology should be its standardization. Intelligent technologies are not an exception, but they are inextricably linked with the existing computer ontologies, ontology because standardization is a task that is facing humanity in the coming days, confirming the relevance of the topic. The study aims to answer the question of the possibility of creating and practicing the Global Single Computer Ontology, the solution of which is the cornerstone of building strong artificial intelligence.

УДК 004.056.53::621.3

**Онискова Алла Викторовна,**  
*ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины,*  
*мл. науч. сотруд.*  
alla.oniskova@ukr.net

## **МОДЕЛЬ ЗРЕЛОСТИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В СЕКТОРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

*Аннотация.* Излагается основное содержание документа «Electricity Subsector Cybersecurity Capability Maturity Model (ES-C2M2)», разработанного учеными Carnegie Mellon University в тесном сотрудничестве с представителями энергетического рынка США.

*Annotation.* The main content of the document «Electricity Subsector Cybersecurity Capability Maturity Model (ES-C2M2)», developed by Carnegie Mellon University scientists in close collaboration with representatives of the US energy market, is outlined.

УДК 621.3

**Ониськова Алла Вікторівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*мол. наук. співроб.*  
alla.oniskova@ukr.net

### **ВИСОКОЯКІСНА ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ – НЕОБХІДНА УМОВА БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ**

*Анотація.* Вивчення наукового доробку вітчизняних й зарубіжних науковців і практиків засвідчує, що високоякісна підготовка фахівців є однією із складових безпеки об'єктів енергетики, без якої неможливий науково-технічний та соціально-економічний розвиток країни.

*Annotation.* The study of the scientific achievements of domestic and foreign scientists and practitioners shows that high-quality training of specialists is one of the components of security of energy objects, without which the scientific, technical and socio-economic development of the country is impossible.

УДК 621.3

**Сімак Лілія Олексіївна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*пров. наук. співроб., д-р техн. наук*  
simak@fracsim.com

### **МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРИЧНИХ І ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ І СТРУКТУР, ЩО ВКЛЮЧАЮТЬ НЕТРАДИЦІЙНІ ЕЛЕМЕНТИ ДРОБОВОГО ПОРЯДКУ**

*Анотація.* У матеріалах доповіді представлені нові модифікації математичних моделей різних динамічних систем (як із зосередженими, так і розподіленими параметрами) та алгоритми розв'язання прямих і обернених задач, що виникають при комп'ютерній реалізації таких моделей. Також представлено дослідження властивості рішень диференціальних рівнянь

Ріккати зі змінними коефіцієнтами. Показано, що при змінних коефіцієнтах з експоненціальними залежностями реалізується інтегро-диференціальний оператор дробового порядку.

*Annotation.* The paper presents new modifications of mathematical models of different dynamic systems (with both concentrated and distributed parameters) and algorithms for solving the direct and inverse problems that arise in the computer implementation of such models. The study of properties of solutions of Riccati differential equations with variable coefficients is also presented. It is shown that for variable coefficients with exponential dependences, the integro-differential fractional order operator is realized.

УДК 004.056.53::621.3

**Ткаченко Володимир Володимирович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
v.v.tkachenko@i.ua

## **ОСНОВНІ АСПЕКТИ КІБЕРБЕЗПЕКИ В SMART GRID СИСТЕМАХ**

*Анотація.* Однією з актуальних проблем в галузі створення «інтелектуальних мереж» є проблема забезпечення їх кібербезпеки. В докладі розглядаються основні кіберзагрози в Smart Grid системах з урахуванням наступних основних аспектів:

- менеджмент - захист конфіденційної інформації з точки зору управління персоналом, розглядаються загрози, пов'язані з навмисними або випадковими діями співробітників Smart Grid;
- програми та бази даних - захист від загроз, що виникають на рівні додатків і баз даних;
- мережа - захист від загроз, які можуть виникнути в зв'язку з використанням LAN і WAN мереж, в тому числі загроз з мережі Інтернет;

– мобільні пристрої - захист від загроз, пов'язаних з використанням GSM-мереж і мобільних телефонів.

*Annotation.* One of the pressing problems in the field of creating "smart grids" is the problem of ensuring their cyber security. The report looks at the major cyber threats in Smart Grid systems with the following main aspects in mind:

– management - protection of confidential information from the point of view of personnel management, threats related to intentional or accidental actions of Smart Grid employees are considered;

– applications and databases - protection against threats arising at the application and database levels;

– network - protection against threats that may arise due to the use of LAN and WAN networks, including threats from the Internet;

– mobile devices - protection against threats related to the use of GSM networks and mobile phones.

УДК 004.056.53

**Потенко Олександр Сергійович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*пров. інж.*  
alexpro84@gmail.com

## **ЗАХИСТ САЙТІВ ВІД ХАКЕРСКИХ АТАК ЗА ДОПОМОГОЮ WEB APPLICATION FIREWALL**

*Анотація.* В сучасному світі дуже важко знайти компанію, яка б не мала власного веб-сайту, а тому захист веб ресурсу від хакерських атак являється актуальною проблемою сьогодення. Одним з найбільш ефективних підходів до захисту веб-сайтів являється застосування WebApplicationFirewall (WAF) - системи, яка виявляє та блокує атаки, а також забезпечує захист веб-додатків.

*Annotation.* Into day's world, it is very difficult to find a company that does not have its own web-site, so protecting a web property from hacking is an urgent problem today. One of the most effective approaches to protecting web-sites is to use the Web Application Firewall (WAF), a system that detects and blocks attacks and also protects web applications.

УДК 004.94::66.047

**Суліма Олександр Андрійович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*мол. наук. спів роб., канд. техн. наук*  
rfitfo@gmail.com

**Кіслов Олексій Геннадійович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*мол. наук. спів роб.*  
kislov@ipme.kiev.ua

**Попова Валентина Миколаївна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*інж. I категорії*  
porovavn@ukr.net

## **ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ КЕРУВАННЯ**

*Анотація.* В роботі розглянуті сучасні промислові контролери, а саме переваги та недоліки їх використання для побудови автоматизованих систем керування технологічним процесом. Контролери проаналізовані в аспекти побудови програмно-технічного комплексу керування процесом зневоднення бішофіту.

*Annotation.* This paper considers modern industrial controllers, namely the advantages and disadvantages of using them to build automated process control systems. The controllers are analyzed in the aspects of construction of software and technical complex of management of bischofite dehydration process.

**Шабан Максим Радуйович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*інж.*  
maximsaban@gmail.com

## **МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ ЗАХИСТУ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

*Анотація.* Одним із ключових завдань при проведенні державної експертизи є ідентифікація функціонального профілю захисту (ФПЗ). В процесі експертизи оцінюють види інформації, яка оброблюється та ризики її втрати, модифікації або розголошення. Для цього будується ФПЗ. Для вирішення задачі ідентифікації ФПЗ необхідно здійснити: визначення рівнів функціональних послуг безпеки (ФПБ), реалізованих в комплексних систем захисту інформації (КСЗІ) об'єкта експертизи; визначення повноти та несуперечності профілю; ідентифікацію опису ФПБ у вихідних документах. З урахуванням цього пропонується модель параметрів для ідентифікації ФПЗ в комп'ютерних системах (КС). Визначені множини критеріїв, їх елементів та рівнів. Все це дозволило у формальному вигляді сформулювати необхідний набір величин для реалізації процесу ідентифікації ФПЗ в КС. Розвитком даних робіт є розробка методу ідентифікації ФПЗ. Це дозволить автоматизувати процес визначення вимог нормативного документу щодо функцій захисту (послуг безпеки) та гарантій.

*Annotation.* One of the key tasks during the state examination is the identification of the functional security profile (FSP). During the examination, the types of information that is processed and the risks of its loss, modification or disclosure are evaluated. For this, the FSP is being built. To solve the problem of identifying the FSP, it is necessary to: determine the levels of functional security services (FSS), implemented integrated information security systems (IIS) of the object of examination; determination of the completeness and consistency of the profile; identification of the description of the FSS in the source documents. The paper proposes a model of parameters for identifying the FSP in computer systems



(CS). A definition is given for the sets of criteria, their elements and levels. All this made it possible in a formal form to form the necessary set of quantities for the implementation of the identification of FSP in the CS. The development of these works is the development of a method for identifying FSP. This will automate the determination of the requirements of the regulatory document regarding the protection functions (security services) and guarantees, which will be done in subsequent articles.

УДК 004.9::621.3

**Чемерис Олександр Анатолійович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., д-р техн. наук*  
a.a.chemeris@gmail.com

**Сидорець Юрій Миколайович,**  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського*  
*студент*  
sidoretsyura@gmail.com

## **ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ**

*Анотація.* Електронний документообіг – прогресивний і технологічний підхід до збільшення ефективності роботи підприємств. В останні роки українські підприємства мають потребу у впровадженні системи, що допоможе скоротити витрати часу на роботу з документами, спростити їх розмноження, контроль виконання, та забезпечить збереження конфіденційності інформації. Системи електронного документообігу сприяють створенню нової культури діловодства в організаціях, роблячи роботу з електронними документами легкою, безпечною і значимою. У статті розглянуто можливість використання технології блокчейн у системі електронного документообігу для покращення процедур підпису, контролю та моніторингу змінення документів.

Використання блокчейн надає можливість кожному користувачу системи завжди отримувати правильну версію документів, зменшити витрати часу на завдання не пов'язані з роботою над документом, полегшити співпрацю між співробітниками.

*Annotation.* Electronic workflow is a progressive and technological approach to increase the efficiency of enterprises. In recent years, Ukrainian businesses need to implement a system that will help reduce time spent on work with documents, simplify the duplication, control execution, and ensure confidentiality of information. Electronic document management systems help create a new culture of recordkeeping in organizations by making working with electronic documents easy, secure and meaningful. This article describes the use of blockchain technology in the electronic document management system to improve the signature, control and monitoring of document change procedures. The use of blockchain enables every user of the system to always receive the correct version of documents, reduce the time spent on tasks not related to the work on the document, facilitate cooperation between employees.

УДК 004.056.53

**Юдін Олексій Юрійович,**

*Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації,  
alex@ukrdeftech.com.ua*

## **АНАЛІЗ ЗАХИЩЕНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ В ПОСТКВАНТОВИЙ ПЕРІОД**

*Анотація.* В доповіді наведені результати аналізу стану захищеності елементів Smart Grid систем, що використовують криптографічні методи захисту, з урахуванням розвитку квантових обчислювальних систем.

*Annotation.* The report presents the results of security analysis of elements of Smart Grid systems using cryptographic security methods, taking into account the development of quantum computing systems.

УДК 004.9::621.3

**Чемерис Олександр Анатолійович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., д-р техн. наук*  
a.a.chemeris@gmail.com

**Упіров Іван Сергійович**  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського,*  
*студент*  
ivan.upirov@gmail.com

**Крук Ольга Миколаївна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*мол.наук. співроб.*  
o.n.kruk@gmail.com

**Резнікова Світлана Олександрівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*мол.наук. співроб.*

## **БІЗНЕС-ЛОГІКА МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МІКРО-МЕРЕЖІ В БЛОКЧЕЙН-ІНФРАСТРУКТУРІ**

*Анотація.* В доповіді розкривається використання мікро-сервісного підходу при побудові інформаційної системи моделювання електричної мікро-мережі. Показано підхід до розробки єдиної програми як набору дрібних сервісів, кожен з яких працює у власному процесі та спілкується за допомогою легких механізмів, зокрема, API ресурсів HTTP. Ці служби будуються на основі бізнес-вимог і незалежно розгортаються за допомогою повністю автоматизованого механізму розгортання. Існує мінімальне централізоване управління цими службами, які можуть бути

написані на різних мовах програмування та використовувати різні технології зберігання даних, в якості якої пропонується блокчейн.

*Annotation.* The presentation reveals the use of the micro-service approach in the construction of an information system for modeling the electrical micro-network. An approach to developing a single application is shown as a set of small services, each of which works in its own process and communicates through lightweight mechanisms, such as the HTTP Resource API. These services are built on the basis of business requirements and are deployed independently through a fully automated deployment mechanism. There is minimal centralized management of these services, which can be written in different programming languages and using of different storage technologies that blockchain is used for.

УДК 004.056.53

**Цуркан Оксана Володимирівна,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*пров. інж.*  
otsurkan24@gmail.com

**Клименко Тетяна Михайлівна,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*зав. відділу*  
klimenko-t@ukr.net

## **АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ СОЦІАЛЬНИХ ГРАФІВ**

*Анотація.* Пропонується використовувати апарат нечітких соціальних графів як математичної основи побудови моделей, що використовуються для аналізу вразливостей соціотехнічних систем до впливів методами соціальної інженерії.

*Annotation.* It is proposed to use the apparatus of fuzzy social graphs as a mathematical basis for constructing models used to analyze the vulnerabilities of socio-technical systems to impacts by social engineering methods.

УДК 621.3

**Чьочь Вікторія Володимирівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
Victoria.choch@gmail.com

### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПАТЕНТНИХ ТА ПАТЕНТНО- КОН'ЮНКТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ НАУКОВО- ДОСЛІДНИХ РОБІТ У ГАЛУЗІ ЕНЕРГЕТИКИ**

*Анотація.* У доповіді представлена методика проведення патентних та патентно-кон'юнктурних досліджень, система критеріїв обрання джерел патентної та науково-технічної інформації, а також комплексу процедур патентного аналізу на різних етапах виконання науково-дослідних робіт у науково-дослідній установі.

*Annotation.* The report presents the methodology of patent and patent research, a system of criteria for selecting sources of patent and scientific and technical information, as well as a set of patent analysis procedures at various stages of research in a research institution.

УДК 004[9+056.3]

**Фуртат Юрій Олегович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*мол. наук. співроб., канд. техн. наук*

### **АДАПТИВНИЙ ПІДХІД ДО ІНФОРМАЦІЙНІ ВЗАЄМОДІЇ «КОРИСТУВАЧ-СИСТЕМА» ЯК ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ І НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ**

*Анотація.* Автоматизовані системи застосовуються в багатьох видах людської діяльності, їх кількість і комплексність постійно зростають. Одночасно збільшується обсяг інформації, яку повинен обробляти користувач системи для прийняття рішення в ході робочого процесу. В багатьох випадках

це призводить до виникнення стану інформаційного перевантаження, що знижує рівень ефективності, надійності роботи користувача і безпеки системи в цілому. Людина-користувач в автоматизованій системі відповідає за етап прийняття рішень на основі інформації, отриманої від системи. Ефективність діяльності користувача на цьому етапі суттєво впливає на ефективність роботи і безпеку всієї системи. Для врахування особливостей інформаційної взаємодії користувача з системою при проектуванні робочого інтерфейсу застосовуються ергономічні методи. Проте вони не враховують індивідуальні особливості самого користувача, оптимальний (за критерієм зниження рівня інформаційного навантаження) для нього формат і темп подачі інформації. Розвитком ергономічного підходу до вирішення проблеми забезпечення високого рівня надійності та ефективності роботи користувача з інформацією в системі є застосовування адаптивного підходу до організації подання інформації, який дозволяє ітеративно налаштовувати процес взаємодії користувача з автоматизованою системою з уточненням параметрів взаємодії на кожному кроці ітерації за інформацією від засобів зворотного зв'язку. Рівень адаптації можна підвищити, застосувавши паралельно в рамках однієї автоматизованої системи декілька адаптивних підходів, об'єднаних спільним критерієм оптимізації. Це дозволить додатково знизити навантаження на людину-оператора, а отже, підвищити надійність роботи і безпеку автоматизованої системи в цілому.

*Annotation.* Automated systems are used in many types of human activities, their number and complexity are constantly growing. At the same time, the amount of information that the system user has to process to make decisions during the workflow is increasing. In many cases, this results in a state of informational overload, which reduces the level of efficiency, reliability of the user's actions and the safety of the system as a whole. The operator in the automated system is responsible for the decision-making stage based on the information received from the system. The effectiveness of user activity at this stage significantly affects the efficiency and security of the entire system. Ergonomic methods are used to take into

account the features of user interaction with the system when designing the working interface. However, they do not take into account the individual characteristics of the user, the optimal (by the criterion of reducing the level of informational load) format and rate of information feed. The development of an ergonomic approach to solving the problem of ensuring a high level of reliability and efficiency of the user with information in the system is the application of an adaptive approach to the organization of information presentation, which allows to iteratively adjust the process of interaction of the user with the automated system with refining the parameters of interaction at each step of iteration using feedback information. Adaptation rates can be increased by applying several adaptive approaches combined with a single optimization criterion within one automated system. This will further reduce the load on the operator, and therefore increase the reliability of the work and security of the automated system as a whole.

УДК 621.3

**Гурєєв Віктор Олександрович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*докторант, канд. техн. наук*  
viktor.gurieiev@infotec.ua

### **КОНТУРНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ В КОМП'ЮТЕРНИХ ТРЕНАЖЕРАХ**

*Анотація.* В роботі досліджуються методи розрахунку поточного стану електричних мереж (ЕМ) за допомогою контурної моделі - її режимів у вигляді векторів стану із конкретними значеннями взаємозалежних параметрів в кожен момент часу. Відповідні значення елементів такого вектору стану характеристик є параметрами режиму. Сукупність станів ЕМ за певний відрізок часу утворює різноманітні структури, які зручно представляти і аналізувати у вигляді причинно-наслідкової семантичної мережі. Об'єднані у вигляді

семантичної мережі заздалегідь підготовлені набори векторів стану можуть бути використані для розробки ефективних тренувальних занять без необхідності розрахунку режимів в процесі подальшого протиаварійного тренування оперативного персоналу.

*Annotation.* The paper investigates methods of calculating the current state of electrical networks (EM) using a circuit model - its modes in the form of state vectors with specific values of interdependent parameters at each time. The corresponding values of the elements of such a feature state vector are the mode parameters. The set of states of EM over a certain period of time forms various structures that are convenient to represent and analyze in the form of a causal semantic network. Prepared sets of state vectors, combined as a semantic network, can be used to design effective training sessions without the need to calculate regimes in the course of further emergency training for operational personnel.

УДК 621.3

**Гурєєв Віктор Олександрович,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*докторант, канд. техн. наук*  
viktor.gurieiev@infotec.ua

**Лисенко Євген Миколайович,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
evgen.lycnko@infotec.ua

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ ТРЕНАЖЕРАХ ПЕРСОНАЛУ МАГІСТРАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ОЕС УКРАЇНИ**

*Анотація.* В роботі розглядаються алгоритми і методи створення систем автоматизації розрахунків режимів роботи електричних мереж довільної конфігурації. Системи автоматизації формуються у вигляді допоміжних структур асоціативних адресних посилань на вузли, гілки та хорди, які



дозволяють максимально швидко формувати елементи розріджених матриць провідностей, опору і Якобі для використання в методах рішення систем нелінійних алгебраїчних рівнянь, що описують режими роботи усталених режимів і перехідних процесів в електричних мережах. Показано, що важливість системи автоматизації розрахунків значно збільшується зі збільшенням розмірності систем нелінійних рівнянь. У цих випадках час, який витрачається на формування елементів відповідних матриць, відомих векторів-стовбців, зберігання результатів і таке інше стає таким же, як час самого методу розрахунку. Питання мінімізації часу на попередні обчислення стає таким же важливим, як і вибір методу розрахунку.

*Annotation.* The algorithms and methods of creation of systems of automation of calculations of modes of operation of electric networks of arbitrary configuration are considered in the work. Automation systems are formed in the form of auxiliary structures of associative address links to nodes, branches and chords that allow to quickly form elements of sparse conductivity, resistance and Jacobi matrices for use in methods of solving systems of nonlinear algebraic equations describing modes of steady-state modes and transient modes electrical networks. It is shown that the importance of the automation system of calculations increases significantly with the increase in the dimension of systems of nonlinear equations. In these cases, the time spent on forming the elements of the corresponding matrices, known column vectors, storing the results, and so on, becomes the same as the time of the calculation method itself. The question of minimizing the time for preliminary calculations becomes as important as choosing the method of calculation.

УДК 621.3

**Гурєєв Віктор Олександрович,**  
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
докторант, канд. техн. наук  
viktor.gurieiev@infotec.ua

**Лисенко Євген Миколайович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
evgen.lycnko@infotec.ua

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРЕНУВАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ В КОМП'ЮТЕРНИХ ТРЕНАЖЕРАХ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ПЕРСОНАЛУ**

*Анотація.* В роботі розглянуті технології модельного конструювання тренувальних занять (ТрЗ) за допомогою вбудованих програмних засобів автоматизації процесів моделювання різноманітних штатних і аварійних ситуацій в електричних мережах і методів їх швидкої ліквідації. Наведено приклади варіантів ТрЗ. Показано, що сценарії ТрЗ, пов'язані з розділенням енергосистем на незалежні (автономні) підсистеми, і подальшим підключенням їх на паралельну роботу, є дуже складними, але ефективними, оскільки в реальних умовах це важко відтворити та часто взагалі не завжди можливо.

*Annotation.* In the work the technologies of model construction of training sessions (TS) with the help of the built-in software of automation of modeling processes of various regular and emergency systems in electric networks and methods of their fast elimination are considered. Examples of TS variants are given. It is shown that TS scenarios related to the separation of power systems into independent (autonomous) subsystems, and their subsequent connection to parallel operation, are very complex but effective, since in real conditions it is difficult to reproduce and often not always possible.

## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

УДК 621.3::681

**Анфімова Галина Вікторівна,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*інж. I кат., канд. геолог. наук*

### **ДОСВІД СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ ВПРОВАДЖЕНИХ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ЕНЕРГОЄМНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Групою «Технічна діагностика» Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України проводяться роботи щодо створення і впровадження засобів технічної діагностики енергетичного і енергоємного обладнання. Одним з напрямків робіт є створення засобів контролю параметрів руху.

Розглянуто організацію післягарантійної підтримки Вимірювача кінематичних і динамічних параметрів ліфтів ІКПЛ-МЗ [1, 2] (далі - вимірювач).

Слід зазначити дві обставини:

1. Специфіка вимірювача є те, що цей прилад призначений не тільки для вирішення завдань діагностування (за графіками «шлях», «швидкість» і «прискорення» при лінійному або обертальному русі), але й для сертифікації за параметрами безпеки різних об'єктів з підвищеною небезпекою – ліфтів, ескалаторів, підвісних канатних доріг тощо. Це вимірювальний пристрій, похибка якого не перевищує: шлях - 0,35%, швидкість - 1%, прискорення - 2%.

2. Основними користувачами Вимірювача є експертно-технічні центри Держнаглядохоронпраці України та ліфтобудівельні організації, для яких визначальним фактором є абсолютна юридична коректність метрологічних параметрів протягом всього життєвого циклу технічних засобів.

До теперішнього часу впроваджено понад 25 вимірювачів. Організовано щорічне технічне обслуговування, яке включає оновлення програмного

забезпечення і контроль метрологічних параметрів з отриманням свідоцтва калібрування ДП «Укрметртестстандарт».

За минулий час шляхом поновлення програмного забезпечення та методики застосування розширено функціональні можливості Вимірювача - для проведення вимірювань параметрів руху підвісних доріг і ескалаторів; введено додаткові види обробки даних, в два рази підвищена точність вимірювання кутового і лінійного прискорення. Це постійний процес: наприклад, зараз розробляється приставка до ИКПЛ-МЗ для синхронної реєстрації спрацьовування контактних датчиків ліфтів та електромагнітний утримувач.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Владимирский А.А. Разработка измерителя кинематических и динамических параметров лифтов ИКПЛ-МЗ. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип.46. 2008. С.73-75.

2. Владимирський О.А. Комп'ютерна програма “Измеритель кинематических и динамических параметров лифтов”, версия В3.05” (“Lift V3.05”). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №60780. Україна. 23.07.2015р.

УДК 504.05: 531.768

**Анфімова Галина Вікторівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
інж. I кат., канд. геолог. наук*

### **АКТУАЛЬНІСТЬ І ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ В ПРОБЛЕМНИХ РЕГІОНАХ**

Розглядаються ризики негативних техногенних геологічних подій в результаті господарської діяльності людини. Найбільш яскравий приклад -

важка ситуація в районі м. Кривий Ріг в місцях підземного видобутку залізної руди. Тут трапляються катастрофічні провали ґрунту, які призводять до численних руйнувань і загибелі людей. Є підстави вважати, що спусковим механізмом цих подій стають вибухові роботи в районах гірських виробок. Тому актуальною є задача організації постійного моніторингу за потужністю вибухів та інтервалами між ними. Інший приклад - негативний вплив вібрації від міського транспорту і від промислового обладнання на міські споруди. При цьому страждають не тільки будівлі, в фундаментах яких з'являються тріщини, негативний вплив можуть відчувати й люди. Підвищений рівень вібрації розглядається в якості одного з факторів прискореної деградації музейних зразків в будівлі Національного науково-природничого музею НАН України. У багатьох випадках вважаємо за потрібне проведення відповідних технічних експертиз з використанням апаратури реєстрації мікросейсмічного шуму.

Представлено роботи, спрямовані на створення технічної системи контролю за потужністю і часовими параметрами підземних вибухових робіт. Використовуються напрацювання групи "Технічна діагностика" Інституту проблем моделювання ім. Г.Є. Пухова НАН України зі створення багатоканальних багаторозрядних реєстраторів вібросигналів РАСТР-1М [1,2] (НДР "МОНІТОР"), а також датчики, входні підсилювачі і досвід обробки сейсмічних даних Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України [3].

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Владимирский А.А., Владимирский И.А., Криворучко И.П., Савчук Н.П. Разработка модернизированной системы низкочастотного диагностирования состояния трубопроводов РАСТР-1М. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 78. – 2017. – С.40-45.

2. Владимирський О.А., Владимирський І.А. Комп'ютерна програма "Многоканальний регістратор "Вибрологгер – 1.03" системы активно-пассивного низкочастотного диагностирования состояния металла трубопроводов

теплосети “РАСТР-1” (“Вибрологгер-1.03”). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 60777. Україна. 23.07.2015р. / ІПМЕ НАН України.

3. Щербина С.В., Фещенко А.І., Владимирський О.А., Криворучко І.П., Іващенко А.П., Адаменко О.В. Сертифікована автоматизована цифрова система оцінки стану безпеки різних об’єктів. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 86.- 2019.

УДК 004.056.53

**Антонішин Михайло Васильович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
antonishin.mihail@gmail.com

## **ТЕХНОЛОГІЯ SSL-PINNING**

*Анотація.* В доповіді розглядається технологія SSL-pinning та її використання в мобільних програмних застосунках. Також буде приділено увагу способам тестування SSL-pinning на уразливості відповідно до методології OWASP MSTG.

*Annotation.* The report looks at SSL-pinning technology and its use in mobile software applications. Ways to test SSL pinning for vulnerabilities in accordance with the OWASP MSTG methodology will also be discussed.

### ***Описання технології***

SSL-pinning - це технологія, яка використовуються у мобільному програмному застосунку та призначена для попередження атаки типу “людина посередині” способом валідації SSL-сертифікату після початку з’єднання. [1]



Рис. 1. Схема роботи SSL pinning

### ***Імплементація SSL-pinning***

SSL-pinning можна імплементувати трьома способами:

- використання TrustManager;
- використання OkHTTP та CertificatePinner;
- використання Network Security Configuration.

### ***Тестування SSL pinning***

Перевірка наявності SSL pinning - це вимога аудиторів до мобільних програмних застосунків, якими обробляється конфіденційна інформація. Єдина методологія, яка має повний опис сценаріїв тестування - OWASP MSTG, зокрема, розділ Testing Network Configuration [9].

З огляду на це тестування проводиться за такими сценаріями:

- MSTG-NETWORK-3. Тестування ідентифікації клієнту;
- MSTG-NETWORK-4. Тестування сховища сертифікатів та SSL pinning;
- MSTG-NETWORK-6. Тестування SecurityProvider.

Далі наведено найбільш поширені інструменти обходження технології SSL pinning:

- Xposed Module: Just Trust Me [4].
- Xposed Module: SSLUnpinning [5].
- Cydia Substrate Module: Android SSL Trust Killer [6].
- Android-ssl-bypass [7].
- Frida CodeShare [8].

### ***Висновки***

Під час проведення дослідження визначено такі переваги та недоліки технології SSL pinning:

### *Переваги SSL pinning:*

1) SSL pinning підвищує рівень забезпечення безпеки, так як SSL сертифікат імпортований у вихідний код, програмний застосунок стає незалежним від сховища сертифікатів мобільного пристрою.

### *Недоліки SSL pinning:*

1) неможливість проводити зміни у програмному застосунку після імпортування SSL сертифікату;

2) низький рівень стійкості до обходу стандартними або спеціалізованими інструментами перевірки роботи сертифікату;

3) уразливості у бібліотеці OpenSSL яка використовується у мобільній платформі Android.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. SSL PINNING: Защита мобильного банкинга на Android с помощью SSL сертификата [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emarog-ssl.ru/blog/ssl-pinning-for-android/>. – Назва з екрану.

2. Xposed Module: Just Trust Me [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/Fuzion24/JustTrustMe>. – Назва з екрану.

3. Xposed Module: SSLUnpinning - [Електронний ресурс]. – Режим доступа: [https://github.com/ac-pm/SSLUnpinning\\_Xposed](https://github.com/ac-pm/SSLUnpinning_Xposed). – Назва з екрану.

4. Cydia Substrate Module: Android SSL Trust Killer [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/iSECPartners/Android-SSL-TrustKiller>. – Назва з екрану.

5. Android-ssl-bypass [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/iSECPartners/android-ssl-bypass>. – Назва з екрану.

6. Frida CodeShare [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://codeshare.frida.re>. – Назва з екрану.

7. OWASPMSTG. TestingNetworkConfiguration [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/OWASP/owasp-mstg/blob/master/Document/0x05g-Testing-Network-Communication.md>. – Назва з екрану.



**Артемчук Володимир Олександрович,**  
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук  
ak24avo@gmail.com

## **РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ, МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ТА РЕГІОНАЛЬНИХ МЕРЕЖ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

*Анотація.* В роботі показано основні результати виконання проекту «Розвиток теоретичних основ, методів та засобів проектування локальних та регіональних мереж моніторингу стану атмосферного повітря».

*Annotation.* The main results of the project «Development of Theoretical Foundations, Methods and Means of Designing Local and Regional Air Monitoring Networks» are shown in the paper.

В 2015-2019 рр. в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України виконувався проект «Розвиток теоретичних основ, методів та засобів проектування локальних та регіональних мереж моніторингу стану атмосферного повітря (МСАП)».

В рамках даного визначено, що найбільш складним для дослідження є випадок, коли задача оптимізації мережі МСАП є: багатокритеріальною; область оптимізації не опукла або незв'язна; кількість вузлів сенсорів мережі МСАП апіорі невідома; оптимізується змішана (гібридна) мережа МСАП за наявності існуючої мережі, частину якої можна перенести, а частину – ні; в задачі присутні декілька обмежень, тобто вона є задачею умовної оптимізації; обмеження або критерії є нелінійними, не опуклими і т.д., тобто вона є задачею нелінійного не опуклого програмування тощо [1]. В такому випадку знайти її оптимальне рішення можна знайти лише методом повного перебору. Проте в даному випадку метод повного перебору через його велику обчислювальну складність можна застосовувати лише для невеликих територій (міст), тому виникає необхідність використання евристичних оптимізаційних алгоритмів.

[2]. Було розглянуто наступні методи та алгоритми: методи еволюційного пошуку (зокрема генетичні алгоритми), жадібні алгоритми, мурашині алгоритми, алгоритм „падіння” (Drop algorithm), алгоритм Маранзана (Maranzana algorithm), алгоритм Тейза-Барта (Teitz-Bart algorithm або Bump-and-Shift algorithm), алгоритм GRIA (Global-Regional Interchange Approach, підхід глобально-регіонального обміну) [3]. Для подальших досліджень обрано методи еволюційного пошуку та жадібні алгоритми. Але в загальному випадку для вирішення поставленої задачі запропоновано використовувати жадібний алгоритм, що, в порівнянні з методами еволюційного пошуку, забезпечує більш швидке знаходження близького до оптимального або оптимального розв’язку. Розроблено два алгоритми вирішення поставленої задачі, що базуються на різних способах поєднання жадібного алгоритму з методом повного перебору, що дозволило підвищити точність розв’язків, отриманих за допомогою класичного жадібного алгоритму. Обґрунтовано, що розробку програмних засобів проектування мереж МСАП доцільно в рамках системи AISEEM [4]. Розроблено ряд відповідних структурних та інформаційних моделей у вигляді UML-діаграм. Розроблено ряд нових структурних та інформаційних моделей у вигляді UML-діаграм. Здійснено генерування коду на основі UML-діаграми класів проекту.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об’єктів енергетики / [В.О. Артемчук, Т.Р. Білан, І.В. Блінов та ін.; за ред. А.О. Запорожця, Т.Р. Білан]. – Київ, 2017. – 312 с.
2. Математичні та програмні засоби вирішення задач моніторингу атмосферного повітря техногенно-навантажених територій : монографія / В.О. Артемчук, І.П. Каменева, В.О. Ковач, О.О. Попов, А.В. Яцишин. – К. : ФОП Ямчинський, 2018. – 116 с.

3. Артемчук В.О. Оптимізація мережі моніторингу стану атмосферного повітря / В.О. Артемчук // Моделювання та інформаційні технології. - 2014. - Вип. 73. - С. 27-35.

4. Яцишин А.В. Комп'ютерні засоби дослідження динаміки техногенних навантажень на урбанізовані території / А.В. Яцишин, І.П. Каменева, В.О. Артемчук // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2015. – Вип. 9. – С. 27-36.

УДК 004.942: 621.643.8: 53.087.4

**Владимирський Олександр Альбертович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., д-р техн. наук*  
av1000000@ukr.net

### **МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВРАХУВАННЯ БАГАТОХВИЛЬОВОЇ СТРУКТУРИ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ У ЗАВДАННЯХ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ**

Представлений загальний методологічний підхід щодо вирішення завдань діагностування трубопроводів теплових мереж, який полягає в цілеспрямованій просторово-частотній селекції домінуючих за потужністю акустичних хвиль у низькочастотному звуковому діапазоні з урахуванням багатохвильової структури вихідних даних на основі використання кореляційних параметричних обчислювальних методів. За результатами дисертаційних досліджень, НДР “ПРОВАЙДЕР”, НДР “МОНІТОР”.

Основні положення:

- багатоканальна синхронна реєстрація первинних даних з метою просторової селекції джерел акустичних шумів;
- формування діагностичної моделі ділянки трубопроводу у вигляді сукупності каналів поширення акустичних даних з урахуванням інтерференції хвиль;

- кореляційна обробка первинних даних з метою усунення впливу акустичних завад;
- формування частотних спектрів просторово - залежних діагностичних параметрів, чутливих до інтерференції хвиль;
- формулювання завдань діагностування підземних трубопроводів на основі використання кореляційних параметричних обчислювальних методів як завдань нелінійного програмування.

Експериментальна апаратно-програмна реалізація комплексу діагностування стану трубопроводів теплопостачання включає моделюючу систему РАСТР [1], мультипараметричний зонд, термоакустичний течешукач і авторську методику [2]. На основі запропонованого підходу розроблені відповідні практичні методи діагностування підземних трубопроводів - дистанційного визначення координат наскрізних пошкоджень (витоків), місць і ступеня корозійного стоншення їх стінок.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. А.А.Владимирский, И.А.Владимирский, И.П.Криворучко, Н.П.Савчук. Разработка модернизированной системы низкочастотного диагностирования состояния трубопроводов РАСТР-1М. Моделирование та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 78, Київ, 2017р. – С. 40-45.

2. Владимирський О.А Владимирський І.А Аналіз завдань застосування мультипараметричних вимірювань у складі зонда для експресної діагностики тепломереж. Моделирование та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 84, Київ, 2018р. – С.134-142.

3. О.А. Владимирський, І.А. Владимирський. Аналіз завдань застосування мультипараметричних вимірювань у складі зонда для експресної діагностики тепломереж. Моделирование та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 84, Київ, 2018р. – с.134-142.

**Владимирський Ігор Альбертович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ У СКЛАДІ ДІАГНОСТИЧНОГО ЗОНДА ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ**

Україна має одну з найбільш протяжних трубопровідних систем міського теплопостачання у світі. Постійно прогресуючий загальний зріст пошкоджень тепломереж та водопроводу пред'являє жорсткі вимоги до оперативності та точності визначення місць підземних витоків та місць зі значним корозійним пошкодженням металу.

В межах проекту «Розробка інтегрованого мультипараметричного зонда для експресної діагностики тепломереж» (НДР «ПРОВАЙДЕР») та наукової роботи за відомчою тематикою «Розробка методів і засобів багатоканального акустичного моніторингу та оцінки фактичного стану підземних трубопроводів без їх розкриття у експлуатаційних умовах» (НДР «МОНІТОР») з метою з'ясування переліку та особливостей актуальних діагностичних задач, при вирішенні яких є корисним застосування дистанційних мультипараметричних вимірювань у теплових камерах та каналах прокладання теплових мереж, було створено та випробувано на діючих теплотрасах випробувальний зразок діагностичного мультипараметричного зонда.

З'ясовано, що найбільшу користь використання мультипараметричних вимірювань має при вирішенні наступних актуальних виробничих діагностичних завдань [1]:

- визначення місць витоків теплоносія за допомогою дистанційного виконання мультипараметричних вимірювань;
- розв'язання невизначеності у результатах пошуку витоків, отриманих за допомогою звичайних течешукачів;
- дистанційних обстежень теплових камер без необхідності опускання у них людини та з'ясуванні пошкодженої витокком ділянки теплової мережі;

- при виконанні корозійних обстежень ділянок тепломереж в тому числі перед новим опалювальним періодом;
- визначення тепловтрат теплових мереж крізь ізоляцію та оцінки її фактичних теплофізичних характеристик.

За результатами досліджень оформлена заявка №u201911398 (25.11.2019р.) для отримання патенту України на корисну модель «Мультипараметричний зонд для обстежень теплових мереж».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. О.А. Владимирський, І.А. Владимирський. Аналіз завдань застосування мультипараметричних вимірювань у складі зонда для експресної діагностики тепломереж. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 84, Київ, 2018р. – с.134-142.

УДК 621.643.8: 620.179.18

**Владимирський Ігор Альбертович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук*

## УЗАГАЛЬНЕННЯ ВАРІАНТІВ СХЕМ ЗАСТОСУВАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО МЕТОДУ ПРИ ПОШУКУ ВИТОКІВ ТРУБОПРОВОДІВ

Представлені різні схеми застосування взаємної кореляційної обробки акустичних сигналів з двох датчиків при пошуку витоків: з установкою двох датчиків на трубопроводі, на ґрунті над підземним трубопроводом та їх комбінація. З урахуванням характеристик і різних шляхів поширення акустичних сигналів у різних середовищах дається аналіз практичної доцільності застосування схем кореляційної обробки в різних ситуаціях при

пошуку витоків. Надано відповідні параметри кореляційних функцій і способи їх застосування. Представлено розроблене в ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова діагностичне обладнання, пристосоване для роботи за різними схемами застосування кореляційної обробки акустичних даних. Метою даних розробок є підвищення оперативності і точності визначення координат витоків в різноманітних міських умовах з високим зносом і аварійністю підземних трубопроводів водо- і тепlopостачання.

Наведені «не класичні» схеми застосування кореляційної обробки акустичних даних, в порівнянні з «класичною» схемою з установкою обох датчиків на кінцях трубопроводу, в основному, не вимагають обов'язкового доступу до обох кінців трубопроводу. У порівнянні із застосуванням акустичного течешуача за максимумом шуму в ґрунті (слухачем), дані схеми можуть мати більш високу чутливість, оскільки визначення місця течі ведеться за взаємною кореляційною функцією зі зменшенням впливу на результат не корельованих завад. У цьому сенсі на особливу увагу заслуговує комбінована схема - один датчик на трубопроводі і один, що переставляється, на ґрунті [1]. При такій схемі обидва датчика реєструють один і той же акустичний сигнал течі, але з поширенням по фізично різних каналах - по ґрунті і по трубі, які схильні, в основному, до впливу фізично різних, не пов'язаних один з одним джерел акустичних завад. За результатами НДР «МОНІТОР».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Владимирский И.А. Корреляционный метод поиска утечек при одностороннем доступе к трубопроводу. *Моделювання та інформаційні технології* (збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України). 2015. Вип. 74. С. 56-59

2. О.А. Владимирський, І.А. Владимирський. Аналіз завдань застосування мультипараметричних вимірювань у складі зонда для експресної діагностики тепломереж. *Моделювання та інформаційні технології*. Збірник наукових праць. ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. Вип. 84, Київ, 2018р. – С.134-142.

**Владимирський Олександр Альбертович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., д-р техн. наук*  
av1000000@ukr.net

## **НИЗЬКОЧАСТОТНА ВІБРОКАЛІБРУВАЛЬНА УСТАНОВКА НА ОСНОВІ ЛІНІЙНОГО АКТУАТОРА З ЗУБЧАСТИМ РЕМЕНЕМ І КРОКОВІМ ДВИГУНОМ**

На замовлення та за сприянням ДП «Укрметртестстандарт» в ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова розробляється низькочастотна автоматизована віброкалібрувальна установка НАВКУ-3, яка призначена для вимірювання та реєстрації параметрів акселерометрів, пристроїв реєстрації параметрів руху. Установка побудована на базі лінійного актуатора з зубчастим ременем і крокового двигуна. Така схема дозволяє суттєво збільшити амплітуду вібропереміщення в діапазоні частот від 0,1 Гц до 15 Гц.

Склад низькочастотної віброкалібрувальної установки НАВКУ-3: вимірювальний блок, низькочастотний стенд, еталонний вібродатчик, постамент стенду, РС-сумісний комп'ютер та програмне забезпечення. Під управлінням програмного забезпечення комп'ютер виконує такі функції: організація інтерфейсу з оператором, видача керуючих сигналів в вимірювальний блок, прийом масивів вибірок з вимірювального блоку, виконання розрахункових операцій (цифрова фільтрація, спектральний аналіз).

Функції і основні характеристики низькочастотного стенду: відпрацювання переміщення (вібрації) робочого столу із заданими характеристиками, розмах переміщення - до 1 м, маса переміщуваного об'єкту - до 3 кг, максимальна швидкість - до 10 м/с, максимальне прискорення - до 2 м/с<sup>2</sup>, контроль координати столу з дискретністю від 1 до 10 мкм.

Вимірювальний блок містить генератор тестового сигналу (синусоїдальний), два вхідних підсилювача (шкала від 3 мВ до 10 В, входи «по напрузі», «по заряду» і «ІСР»), смуга робочих частот: від 0,1 Гц до 15 Гц) з АЦП



(24 біт, частота дискретизації – 2 кГц), контролер крокового двигуна, USB інтерфейс з комп'ютером, блоки живлення.

Основні функціональні можливості програмного забезпечення: управління переміщенням столу низькочастотного стенду, відображення переміщення столу низькочастотного стенду, запис синхронних вибірок двох вхідних сигналів і координат столу низькочастотного стенду для подальшого аналізу, запис довгих вибірок двох вхідних сигналів, вимірювання характеристик віброперетворювачів, визначення коефіцієнта нелінійних спотворень вхідних сигналів.

Практична реалізація та впровадження НАВКУ-3 здійснюються в 2019-2020 рр. на замовлення ДП «Укрметртестстандарт».

УДК 004.056.53::621.3

**Давидюк Андрій Вікторович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
andrey19941904@gmail.com

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТІВ КІБЕРЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

*Анотація.* У роботі здійснено аналіз специфіки функціонування об'єктів критичної інформаційної інфраструктури. Визначено тенденції їх технічного забезпечення та проблемні аспекти визначення пріоритетів кіберзахисту. Запропоновано підхід до аналізу та дослідження кіберзахисту ОКІІ на основі орієнтованих зважених графів.

*Annotation.* This paper analyzes the specifics of the functioning of critical information infrastructure objects. The tendencies of their technical support and problematic aspects of determining the priorities of cyber defense are determined. An

approach to the analysis and investigation of the CIO cyber defense based on oriented weighted graphs is proposed.

У наш час сучасні об'єкти критичної інформаційної інфраструктури (далі - ОКІІ) мають загальні тенденції у забезпеченні функціонування автоматизованих систем управління технологічними процесами (далі - АСУ ТП), зокрема операційні системи, застосунки, протоколи міжмережевої взаємодії. Водночас захист ОКІІ має і специфічні відмінності, такі як екстремальні умови експлуатації, нетипові фізичні топології, велика кількість обладнання спеціального призначення, статичні мережеві конфігурації, широкосмуговий та багатоадресовий трафік, довготривалий строк експлуатації, велика кількість застарілого обладнання і програмного забезпечення.

Разом з цим захист ОКІІ повинен включати наступні аспекти: захист від DoS та DDoS, безпека мережевих протоколів у пристроях АСУ ТП, оновлення операційних систем і застосунків, антивірусний захист, захист аутентифікації та авторизації, якісний аудит і реєстрація подій, виключно цільове використання ресурсів АСУ ТП, мінімізація загроз антропогенного характеру.

Не зважаючи на розвиток нових технологій захисту ОКІІ, досить не вирішеною залишається проблема визначення пріоритетів захисту таких об'єктів. Таким чином до основних недоліків процесу виявлення ключових ОКІІ можна віднести широке використання методик на основі методу експертних оцінок, який потребує наявності інформації про можливі збитки «еталонного об'єкту» (моделі) або розробки спеціальної шкали факторів ризику. Однак при створенні та аналізі таких моделей не приділяється достатньої уваги зв'язкам між об'єктами ОКІІ. Також існують складнощі у комплексному розумінні всіх взаємозв'язків і взаємозалежностей між об'єктами. Водночас без врахування та аналізу мережевої складової кожного сектору (сегменту) критичної інфраструктури (економічного, фінансового, енергетичного тощо) дуже проблематично забезпечити достатню адекватність моделі об'єкта дослідження (див. рис.1).

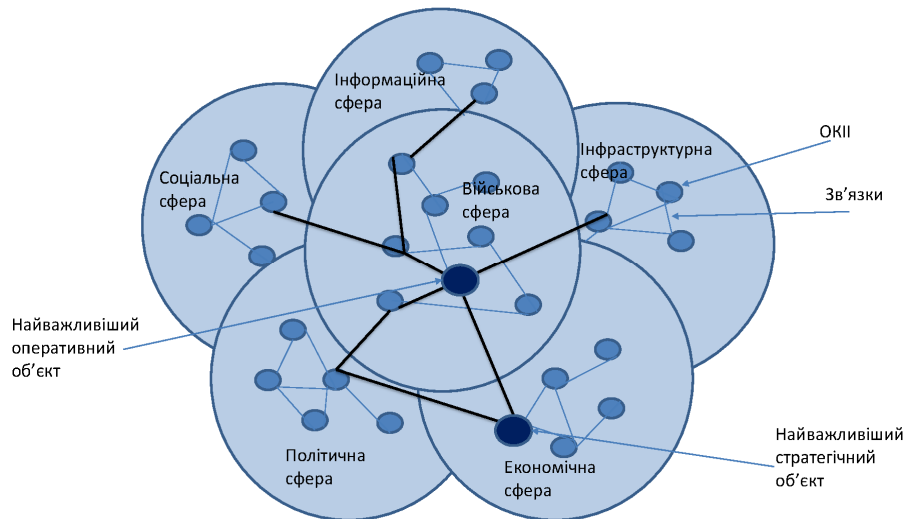


Рисунок 1 – Система зв'язків ОКІІ у просторі

Умовно такі зв'язки можна розділити на фізичні, інформаційні, геопросторові, процедурні (політичні), соціальні. Відповідно до класифікації зв'язків можна класифікувати і системи (комплексні системи, метасистеми, системи корпоративного рівня). Таким чином ОКІІ будь-якої держави – це велика складна система стратегічного масштабу.

Найбільш ефективними інструментами для визначення пріоритетів захисту і адекватного аналізу ризиків можуть бути теорія Клаузевіца для мережевих архітектур, теорія самоорганізованих систем Альберто-Барабаші, системний підхід [1-3]. Використовуючи теорію Клаузевіца, ОКІІ доцільно розглядати, враховуючи критичні можливості, критичні потреби та критичні вразливості.

Однією з форм формалізації моделі ОКІІ може бути зважений орієнтований граф, вершини якого – об'єкти, а ребра – зв'язки між ними. Також для моделювання таких ОКІІ може бути використане агентське, динамічне, дискретно-подієве моделювання [4]. Водночас основні зусилля повинні бути спрямовані на створення моделей, точно імітуючих поведінку критичної інфраструктури і дозволяють визначати взаємозв'язки між її об'єктами і виявляти найбільш вразливі з них.

Враховуючи вище сказане, процес забезпечення захисту ОКІІ потребує як технічних заходів так і організаційних. Зокрема впровадження кращих світових практик захисту ОКІІ, розробку методик визначення актуальних загроз захисту АСУ ТП, базової моделі загроз кіберзахисту АСУ ТП, рекомендацій з

забезпечення кіберзахисту АСУ ТП, положення «Про аудит інформаційної безпеки ОКІІ».

Подібний підхід дозволяє провести комплексний аналіз ОКІІ з метою виявлення найбільш важливих її елементів, можливих вразливостей, а також визиків виведення цілих секторів з ладу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Валіулліна, З. (2019). Військова теорія К. Клаузевіца в теоретичному дискурсі. [online]. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5881> [Accessed 13 Dec. 2019].
2. Киви, Б. (2019). *Сети для всего на свете*. [online] 3DNews - Daily Digital Digest. Available at: <https://3dnews.ru/904381> [Accessed 13 Dec. 2019].
3. Studme.com.ua. (2019). *Системний підхід та його розвиток – Теорія організації*. [online] Available at: [https://studme.com.ua/1924070111174/ekonomika/sistemnyu\\_podhod\\_ego\\_razvitie.htm](https://studme.com.ua/1924070111174/ekonomika/sistemnyu_podhod_ego_razvitie.htm) [Accessed 13 Dec. 2019].
4. Studopedia.org. (2019). *Види моделювання*. [online] Available at: <https://studopedia.org/3-73416.html> [Accessed 13 Dec. 2019].

УДК 621.3::004.056.53

**Гільгурт Сергій Якович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
[hilgurt@ukr.net](mailto:hilgurt@ukr.net)

## РЕКОНФІГУРОВНІ АПАРАТНІ ЗАСОБИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

*Анотація.* Досліджено використання апаратних засобів на базі ПЛІС для інформаційного захисту цифрових підстанцій, побудованих за стандартом ІЕС 61850. З'ясовано, що кіберзахист промислових систем вимагає інших від традиційних для ІТ-галузі підходів.

*Annotation.* The use of FPGAs to protect information in digital networks using the IEC 61850 standard is investigated. It has been found out that cyber defense of industrial systems requires different from traditional approaches for the IT industry.

Одними з найчисленніших об'єктів енергетики є електричні підстанції [1]. Для вирішення проблем сумісності різних поколінь енергетичного обладнання підстанцій та систем керування ними було створено стандарт МЕК-61850 «Мережі та системи зв'язку на підстанціях», який у фахівців асоціюється з поняттям «цифрова підстанція». В Україні перші вітрові турбіни Приморської вітроелектростанції з цифровими підстанціями, побудованими на базі МЕК-61850 компанією General Electric, було запущено в лютому 2019 р. [2].

Згідно нормативам МЕК-61850 в якості єдиного засобу передачі інформації на всіх рівнях підстанції використовується стандарт Ethernet, який уніфікує, здешевлює та спрощує кабельні з'єднання, полегшує проектування, тестування та навчання персоналу. Але пакетна передача даних і засновані на ній протоколи роблять цифрові підстанції більш вразливими для кібератак [3]. Традиційні для IT-сфери програмні засоби боротьби з кіберзагрозами, такі як міжмережеві екрани, антивіруси та системи виявлення вторгнень не можуть бути безпосередньо застосовані для SCADA-систем цифрових підстанцій із-за обмежених обчислювальних ресурсів.

В даному дослідженні знайдено два класи технічних засобів, що містять ПЛІС, в яких можуть бути реалізовані апаратні засоби захисту. По-перше, це системи управління на базі нейронних мереж і нечіткої логіки, інтелектуальні системи збору даних, частотні перетворювачі для керування електроприводами і т.п. [4]. По-друге, ПЛІС і системи на кристалі містять "розумні" електронні пристрої (Intelligent Electronic Devices) технології Smart Grid.

Оновлення обчислювальної структури реконфігурованих пристроїв може бути виконано віддалено. Проте даний процес необхідно захистити, оскільки канал зв'язку привносить потенційну вразливість у разі фізичного доступу зловмисника до мережі. В роботі [5] розглянуто безпечний протокол і реконфігуровний модуль на ПЛІС для настройки та моніторингу мережевих IP-

адрес. В даній розробці використовується полегшена версія протоколу другого рівня, реалізованого повністю апаратно та захищеного криптографічним алгоритмом AES-GCM відповідно до стандарту IEC 61850-90-5.

За результатами дослідження можна зробити наступні висновки. Промислові системи, зокрема цифрові підстанції, вимагають інших підходів при створенні систем кіберзахисту. Наявний в ІТ-галузі досвід боротьби з кібератаками не може бути безпосередньо застосованим до інтелектуальних промислових систем, але з низкою поправок його доцільно використовувати. ПЛІС, що задіяні в пристроях промислової автоматики, а також входять до складу інтелектуального цифрового обладнання, можуть бути використані для синтезу апаратних систем захисту інформації. Для безпечної віддаленої конфігурації ПЛІС, що використовуються в засобах кіберзахисту промислових мереж, необхідно вживати спеціальні заходи.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. *Yang Y., McLaughlin K., Sezer S., Littler T., Im E.G., Pranggono B., Wang H.F.* Multi-attribute SCADA-specific intrusion detection system for power networks // IEEE Trans. on Power Delivery. – 2014. – Vol. 29, P.1092-1102.
2. Порошенко запустил первые турбины Приморской ветроэлектростанции. – Режим доступа: <http://1news.zp.ua/poroshenko-zapustil-pervuyu-ochered-primorskoy-vetroelektrostantsii-video>.
3. *Kim J., Park J.* FPGA-based network intrusion detection for IEC 61850-based industrial // Elsevier ICT Express. – 2018. – Vol. 4, P.1-5.
4. *Monmasson E., Cirstea M.N.* FPGA design methodology for industrial control systems – a review // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2007. – Vol. 54, № 4. – P.1824-1842.
5. *Urbina M., Moreira N., Rodriguez M. etc.* Secure protocol and IP core for configuration of networking hardware IPs in the smart grid // Energies. – 2018. – Vol. 11, № 3, Art.num.510.

**Євдокимов Віктор Федорович,**

*чл.-кор. НАН України, професор, д-р техн. наук,  
заслужений діяч науки і техніки України,  
почесний директор ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України*

**Казакова Наталія Олександрівна**

*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. фіз.-мат. Наук  
kazakova@nas.gov.ua*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТОЧКОВО-ПОДІБНИХ ДЖЕРЕЛ ПО ЇХ ГОЛОГРАМНИМ ОПИСАМ**

*Анотація.* В якості акустичної підсистеми сканування об'єкта контролю використовується лінійна ультразвукова антенна решітка п'єзоелементів, доповнена в кожному каналі вимірювання апаратною реалізацією синхронного детектора фази. На виході синхронного фазового детектора реєструється комплексна амплітуда, що характеризує хвильове поле, створюване точково-подібними джерелами сферичних хвиль в об'єктній площині. Таким чином, система дефектоскопії голографічного типу представляє собою багатоканальний (по числу датчиків антени) вимірювально-обчислювальний комплекс, в якому одночасно реєструється і обробляється когерентне хвильове поле ехо-сигналів, відбитих неоднорідностями сканованого об'єму при поширенні звукового імпульсу.

*Annotation.* A linear ultrasonic antenna array of piezoelectric elements is used as an acoustic subsystem for scanning a test object; it is supplemented in each measurement channel by a hardware implementation of a synchronous phase detector. At the output of the synchronous phase detector, a complex amplitude is recorded that characterizes the wave field created by the point-like sources of spherical waves in the object plane. Thus, the holographic flaw detection system is a multichannel (in terms of the number of antenna sensors) measuring and computing complex which a coherent wave field of echo signals reflected by inhomogeneities of

the scanned volume during the propagation of a sound pulse is simultaneously recorded and processed.

В якості акустичної підсистеми сканування об'єкта контролю використовується лінійна ультразвукова антенна решітка п'єзоелементів, доповнена в кожному каналі вимірювання апаратною реалізацією синхронного детектора фази. На виході синхронного фазового детектора реєструється комплексна амплітуда, що характеризує хвильове поле, створюване точково-подібними джерелами сферичних хвиль в об'єктній площині[1,2,3].

Таким чином, система дефектоскопії представляє собою багатоканальний (по числу датчиків антени) вимірювально-обчислювальний комплекс, в якому одночасно реєструється і обробляється когерентне хвильове поле ехо-сигналів, відбитих неоднорідностями сканованого об'єму при поширенні звукового імпульсу. У цьому випадку сигнал  $C_i(t)$ , приймає в кожному  $i$ -м приймачі лінійної приймальної апертури в момент часу  $t$  буде дорівнювати сумі  $m$  тональних сигналів, розсіяних  $m$  дискретними розсіювачами, що знаходяться в озвученому падаючою хвилею об'ємі об'єкта на відстані  $z$  від приймальної апертури.

$$\begin{aligned}
 C_i(t) &= A_{i1} \cdot l^{\text{sqrt}(-1)(\omega t - \varphi_{i1})} + \dots + A_{ij} \cdot l^{\text{sqrt}(-1)(\omega t + \varphi_{ij})} + \dots + A_{im} \cdot l^{\text{sqrt}(-1)(\omega t + \varphi_{im})} = \\
 &= l^{\text{sqrt}(-1)\omega t} \cdot \sum_{j=1}^m A_{ij} \cdot l^{\text{sqrt}(-1) \cdot \varphi_{ij}} \sum
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

У виразі (1) прийняті наступні позначення :

- $\text{sqrt}(-1)$  – орт уявної осі комплексної площини,
- $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $m$  – число дискретних розсіювачів,
- $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – число приймачів, еквідистантно розташованих уздовж лінійної апертури (рис. 2.3.1),
- $A_{ij}, \varphi_{ij}$  - відповідно значення амплітуди і початкової фази тональних сигналів  $j$ -х дискретних розсіювачів в  $i$ -й точці прийому в момент часу  $t$ .



Відомо, що сигнал суми тональних сигналів однієї і тієї ж частоти  $\omega$ , що мають різні значення амплітуд і початкових фаз, являє собою сигнал частоти  $\omega$  з амплітудою  $A_i$  і початковою фазою  $\psi_i$ . Це значить, що

$$C_i(t) = A_i \cdot I^{sqrt(-1)\cdot\psi_i} \cdot I^{sqrt(-1)\omega t} = I^{sqrt(-1)\omega t} \cdot \sum_{j=1}^m A_{ij} \cdot I^{sqrt(-1)} \cdot \varphi_{ij} \quad (2)$$

Вираз (2) характеризує той факт, що реєструється в  $i$ -х точках приймальної апертури комплексна амплітуда  $C_i$  є сумою комплексних амплітуд, що характеризують  $j$ -і тональні сигнали в  $i$ -й точці апертури реєстрації. При цьому передбачається монохроматичність і когерентність падаючої і розсіяної звукової хвилі точково-подібного джерела [2].

Як результат, вирішення завдання відновлення може бути здійснено на основі операції перетворення матриці передавальної фазової характеристики  $A$  і множення  $A^{-1}$  на вектор вимірної звукової голограми, а дискретна одномірно-растрова модель голограмного опису кожному просторовому положенню звукового імпульсу ставить у відповідність об'єктну площину  $S$  і об'єктну лінію  $X$  на відстань  $H$  від площини голограми [1].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Огир А.С. Исследование процессов компьютерного восстановления акустических изображений. //Методы и средства компьютерного моделирования. Сб. научн. трудов, ИПМЭ НАНУ, 1997.-С.41-44.
2. Огир А. С. Новая информационная технология формирования голограммных акустических изображений высокого разрешения в системах ультразвуковой визуализации медицинского назначения / А. С. Огир, В. В. Тарапата, Е. А. Огир // Электронное моделирование, 2014. – № 1. – С. 49 – 57.
3. Огир А. С. О построении квазиголографической системы акустического контроля материалов / А. С. Огир // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. праць. – К. : ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАНУ, 2002. – № 13. – С. 76 – 81.

**Згуровець Олександр Васильович,**  
*Інститут загальної енергетики НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук*

**Артемчук Володимир Олександрович**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук  
ak24avo@gmail.com*

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ В ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ПОТУЖНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА БАЗІ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ**

*Анотація.* Проаналізовано тенденції розвитку та сучасний стан енергосистем в площині стрімкого поширення відновлюваних джерел енергії. Вказано на необхідність залучення балансуєчих потужностей у вигляді накопичувачів електричної енергії побудованих з використанням акумуляторних батарей. Визначено екологічні ризики, пов'язані з майбутнім накопиченням значної кількості відпрацьованих батарей, а також доцільності розробки заходів з їх утилізації та переробки.

*Annotation.* The tendencies of development and current state of energy systems in the field of rapid spread of renewable energy sources are analyzed. The necessity of attracting balancing capacities in the form of electric energy storage devices built with the use of rechargeable batteries is pointed out. The environmental risks associated with the future accumulation of a large amount of used batteries are identified, as well as the need to develop measures for their disposal and recycling.

Плани щодо скорочення шкідливих викидів в атмосферу та зменшення залежності енергетики від викопних палив стали запорукою стрімкого світового зростання частки відновлюваних джерел енергії [1].

Однак, нерівномірний характер вироблення енергії на таких станціях у разі недостатніх обсягів регулюючих потужностей може викликати порушення балансу споживання та генерації енергії, погіршуючи керованість та стійкість

енергетичних систем [2, 3]. З іншого боку, часте неспівпадіння по часу наявної генерації та попиту обмежує використання отриманої енергії (обідній пік сонячної генерації та вечірній максимум споживання).

Перспективним рішенням цього питання є використання накопичувачів енергії на базі акумуляторів, що підтверджується відповідною динамікою зростання встановлених потужностей таких систем в світі [4, 5, 6].

На відміну від традиційних накопичувачів на базі гідроелектростанцій, де кількість циклів накопичення-генерації майже не обмежена (більше ніж 10 тис. циклів), акумуляторні батареї мають досить обмежений ресурс (від 100 до кількох тисяч циклів) [7], та після його закінчення потребують заміни. Відпрацьовані елементи містять в собі луги, кислоти, важкі метали та інші хімічні сполуки, що можуть бути шкідливими для довкілля.

Питання щодо розробки заходів з їх утилізації та переробки мають поставати завчасно ще до появи проблеми, пов'язаної з накопиченням великої кількості токсичних відходів. Побудова як законодавчо-правових та економічних механізмів, так і створення технологічних, а з рештою і виробничих можливостей з утилізації та переробки дозволить не лише попередити забруднення, а й повторно використати у якості сировини матеріали, що містяться у відпрацьованих батареях.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Renewables 2019: Global Status Report. *REN21*. (2019). URL: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf).
2. Kulyk, M.M., Dryomin, I.V., & Zgurovets, O.V. (2018). Investigation of the operating modes of integrated power systems with powerful wind power plants and accumulator batteries. *The Problems of General Energy*, (2(53)), 15-20. doi:10.15407/pge2018.02.015
3. Kulyk, M.M., Dryomin, I.V., & Zgurovets, O.V. (2018). Feasibility of using battery energy storage systems for frequency stabilization in integrated power systems with powerful solar power plants. *Vidnovluyana Energetika*, (3(54)), 6-14.

4. Munsell, M. (2018). Led by Surging Residential Sector, Q2 US Energy Storage Deployments Grow 200% Year-Over-Year. Retrieved from <https://www.greentechmedia.com/articles/read/led-by-surg-ing-residential-sector-q2-us-energy-storage-deployments-grow-200#gs.iadskc>.

5. Rathi, A. (2018). 100,000 homes in Germany now have battery-storage systems connected to the grid. Retrieved from <https://qz.com/1372939/100000-homes-in-germany-now-have-battery-storage-systems-connected-to-the-grid/>.

6. World Nuclear Association. Electricity and Energy Storage. (2019). Retrieved from <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/electricity-and-energy-storage.aspx>.

7. Guney, M. S., & Tepe, Y. (2017). Classification and assessment of energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1187–1197. doi:10.1016/j.rser.2016.11.102.

УДК 504.06

**Кириленко Юрій Олександрович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*

**Каменева Ірина Петрівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
*kamenevaip@gmail.com*

**Артемчук Володимир Олександрович**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
*ak24avo@gmail.com*

**Попов Олександр Олександрович,**  
*ДУ «ІГНС НАН України»,*  
*старш. наук. співроб., д-р техн. наук*  
*sasha.popov1982@gmail.com*

**Яцишин Андрій Васильович,**  
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
iatsyshyn.andriy@gmail.com

## **АНАЛІЗ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СУЧАСНИХ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПРИ АВАРІЯХ ІЗ РОЗЛИВОМ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩ**

*Анотація.* В роботі показано основні результати виконання проекту «Математичні та комп'ютерні засоби оцінки радіаційного впливу при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ» (Етап I «Аналіз та систематизація сучасних наукових підходів до оцінювання радіаційного впливу при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ»).

*Annotation.* The main results of the project "Mathematical and Computer Aids for Radiation Exposure Assessment in Accident with Liquid Spill" (Phase I "Analysis and Systematization of Modern Scientific Approaches to Radiation Impact Assessment for Liquid Spill Accident") are presented in the paper.

В 2019 році в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України виконувався проект «Математичні та комп'ютерні засоби оцінки радіаційного впливу при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ» Етап I «Аналіз та систематизація сучасних наукових підходів до оцінювання радіаційного впливу при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ». В рамках даного етапу було проведено аналіз та класифікацію подій із розливом рідких радіоактивних середовищ (РРС), які сталися на об'єктах атомної галузі у різних країнах світу. Це дозволило виявити основні причини виникнення таких надзвичайних ситуацій, характерні термодинамічні процеси, що відбуваються під час подібних аварій та порушень нормальної експлуатації, шляхи розповсюдження радіоактивних речовин, умови опромінення та масштаби потенційних забруднень.

Після огляду існуючих засобів, підходів та вимог [1] до оцінки радіаційного впливу для групи аварій із розливом РРС можна стверджувати, що

вони мають ряд суттєвих недоліків та не охоплюють особливостей моделювання протікання аварій із розливом рідких радіоактивних середовищ. Аналіз та систематизація сучасних наукових підходів показує, що проблеми оцінки радіаційного впливу викидів при подібних аваріях залишаються актуальними та потребують подальших досліджень.

Також, в рамках I етапу розроблено загальну математичну модель [2, 3] формування викиду для аварій з розливом РРС з метою аналізу та прогнозування наслідків радіаційного викиду для технологічних приміщень і прилеглих територій, яка на відміну від інших моделей враховує параметри складу радіоактивних рідин та проектних умов їх зберігання. Розроблену модель планується інтегрувати в СППР RODOS з урахуванням вимог з боку суміжних засобів оцінки радіаційного впливу та специфіки аварій із розливом РРС, що має вирішити проблему комплексної оцінки впливу подібних подій. Подальше дослідження, що включає ідентифікацію, верифікацію та валідацію даної моделі, буде виконано в рамках II етапу «Розробка математичних засобів оцінки радіаційного впливу при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Артемчук В.О. Перспективи розробки математичних і комп'ютерних засобів оцінки радіаційного впливу при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ / В.О. Артемчук, І.П. Каменева, А.В. Яцишин, О.О. Попов, Ю.О. Кириленко // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. — Черкаси, 2019. - С. 113-115.

2. Каменева І.П., Кириленко Ю.О. Математичне моделювання джерела викиду при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ // Зб. тез XXXVII науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів

Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 15 травня 2019 р. / ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2019. – С. 19-

3. Кириленко Ю.О. Математична модель формування викиду при подіях із розливом радіоактивних середовищ / Ю.О. Кириленко // Моделювання та інформаційні технології. - 2019. - (в друці).

УДК 621.643.8: 531.768

**Криворучко Ігор Петрович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*наук. співроб.*  
uhmi\_igorkr@ukr.net

### **РОЗРОБКА ТА ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЙ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДАТЧИКА З МАГНІТНИМ ТРИМАЧЕМ**

При створенні акустичних течешукачів підземних трубопроводів критично важливим для забезпечення ефективності та зручності їх використання є вибір конструктивного оформлення датчика вібрації [1, 2]. Воно суттєво залежить від типу трубопроводу (водопровід, тепломережа, нафтопродуктопровід, газопровід, паропровід і ін.), типу укладення трубопроводу (канальна, безканальна, у гільзі, "воздушки" і ін.), типу ґрунту над трубопроводом (трав'яний покрив, проїжджа частина і т.п.), погодних умов (вітер, дощ, калюжі, сніговий покрив) ... і це далеко не повний перелік ...

Для професійної версії течешукача може бути хорошим вибором набір з декількох спеціалізованих датчиків для різних умов, наприклад [2] - штирковий датчик для м'яких ґрунтів, "трюхніжка" - для твердих поверхонь, і з магнітним утримувачем - для установки безпосередньо на трубопровід. Завдання скорочення об'єму обладнання та здешевлення течешукачів є актуальним. Відомо багато спроб створити деяку універсальну конструкцію, яка підходить

для більшості практичних ситуацій [3, 4, 5]. Нажаль, часто на догоду універсальності і здешевленню, приносяться в жертву основні показники якості.

Представлена оригінальна авторська конструкція пристосування для установки датчика вібрації з магнітним утримувачем на трьохніжну підставу. Запропоноване технічне рішення забезпечує високу технологічність у виготовленні - використовується автоматизована лазерне різання та гнуття листової нержавіючої сталі, універсальність і зручність в застосуванні. Підготовлена заявка на патент України на корисну модель "Пристрій для установки вібродатчика з магнітним тримачем на ґрунт при пошуку витоків".

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. А.А. Владимирский. Анализ состояния и перспективы совершенствования акустических течеискателей для поиска утечек подземных трубопроводов. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 16, Київ, 2002р.-с.61-68.

2. А.А. Владимирский. Принципы построения акустического течеискателя «А-10». Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 19, Київ, 2003р.-с.122-128.

3. Акустичний течешукач «Акустик» фірми "Связьприбор", Російська Федерація. [Електронний ресурс] URL: <http://www.svpribor.ru>. Дата звернення: 09.12.2019.

4. Течешукач Hidrolux HL 500 фірми SebaKMT, Німеччина. [Електронний ресурс] URL: <https://www.sebakmt.com>. Дата звернення: 10.12.2019,

5. Течешукач Mikron 3 фірми Primayer, Великобританія. [Електронний ресурс] URL: <https://www.primayer.com/products/mikron3>. Дата звернення: 09.12.2019.



**Криворучко Ігор Петрович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*наук. співроб.*  
uhmi\_igorkr@ukr.net

## **АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ РЕАЛІЗАЦІЇ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ПРИ СТВОРЕННІ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Бездротові технології – інформаційні технології, призначені для бездротової передачі інформації на відстань між двома й більше об'єктами.

Для передачі інформації може використовуватися інфрачервоне випромінювання, радіохвилі, оптичне або лазерне випромінювання. На сьогодні існує безліч бездротових технологій, відомих користувачам по їхніх маркетингових назвах, таким як Wi-Fi, ZIGBEE, Bluetooth та інші.

Великої популярності набули модулі на основі систем на кристалі – інтегральних схем, в яких об'єднано в одному корпусі радіотракт однієї чи декількох технологій бездротового передавання інформації, мікроконтролер та периферійні модулі: інтерфейси, ЦАП/АЦП, програмовану логіку та ін. Все це разом з помірною ціною дає можливість створити гнучку систему збирання та керування даними для різноманітних сфер застосування.

Бездротовий зв'язок, надаючи певні переваги користувачу, водночас має низку обмежень: порівняно мала пропускна здатність каналу зв'язку; можливість розриву зв'язку під дією зовнішніх завад, значне енергоспоживання.

Розглянуто переваги та недоліки двох основних бездротових стандартів зв'язку: Wi-Fi та Bluetooth. [1-3].

Підхід до вибору повинен ґрунтуватися на комплексному аналізі декількох параметрів: типу даних, бітрейту, енергоспоживання, часових затримках та інш. Технологія Wi-Fi застосовується для побудови бездротових локальних мереж, доступу до Інтернету, передачі файлів великих розмірів, передача мультимедійних об'єктів, відео, тощо. Технологія Bluetooth застосовується у

галузі телекомунікацій для передачі файлів невеликого об'єму, аудіо потоків, з'єднання двох або більше. [3]. Проведений аналіз сучасних технологій бездротової передачі даних показав, що сьогодні протокол передачі даних Bluetooth Low Energy якнайповніше відповідає меті проектування мобільних систем збирання та передачі даних з обмеженим енергоспоживанням.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Сайко В.Г., Казіміренко В.Я., Літвінов Ю.М. Мережі бездротового широкопasmового доступу. Навчальний посібник Державний університет телекомунікацій 2015р.

2. Бибель В. П., Глухов В. С., Пристопюк О. Вибір бездротової технології передавання даних для обладнання навчальних лабораторій. Національний університет «Львівська політехніка», © В., 2016.

3. Макаренко А.Ю., Парфенова А.О., Могильний С.Б. Бездротові технології передачі даних Wi-Fi, bluetooth та zigbee. Вісник Національного технічного університету України «КПІ» 181 Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування.-2010.-№41.

УДК 504.06

**Каменева Ірина Петрівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
kamenevaip@gmail.com

### **КОГНІТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ СТРУКТУРИЗАЦІЇ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ В ЗАДАЧАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

*Анотація.* Досліджуються когнітивні технології структуризації та інтеграції інформації, які моделюють процес взаємодії між півкулями

головного мозку людини, тобто перетворення множини дискретних даних в візуальні образи, що може прискорити прийняття рішень в небезпечних ситуаціях.

Annotation. Cognitive technologies of information structuring and integration are investigated, which simulate the process of interaction between human brain hemispheres, that is, the transformation of many discrete data into visual images, which can accelerate decision making in dangerous situations.

Розробка технологій структуризації та інтеграції інформаційних ресурсів відноситься до найбільш складних проблем в області проектування інформаційних систем. В першу чергу це проблема забезпечення єдиного уніфікованого інтерфейсу для доступу до певної множини неоднорідних і незалежних джерел даних [1, 2]. Система, що забезпечує користувачеві такі можливості, в певній мірі поєднує функції аналізу, структурування та інтеграції інформації

Інтеграція даних на логічному рівні забезпечує можливість доступу до даних в рамках єдиної моделі, яка відображує їх спільне подання з урахуванням структурних і поведінкових властивостей даних, але без урахування семантичних складових [1, 2]. Якщо йдеться про інтеграцію даних на семантичному рівні, то різні джерела відображують окремі фрагменти предметної області, що потребують виявлення змістовних характеристик на більш високому рівні узагальнення.

Сучасні когнітивні технології прийняття рішень [3, 4] спрямовані на моделювання процесу когнітивної діяльності людини і мають забезпечити якісну взаємодію між двома півкулями головного мозку.

В роботі [4] наведено схему, де пам'ять організована як ієрархічна мережа знань і включає дві підсистеми – сенсорну і символічну (мовну), що відповідає першій і другій сигнальним системам на фізіологічному плані. Структури цих підсистем поєднуються між собою прямими і зворотними зв'язками, які відображують взаємодію між ними через передачу збудження. Якщо в

сенсорній підсистемі пам'яті зберігаються образи об'єктів, ситуацій або подій, то символічна підсистема (ліва півкуля) відображує їх імена або символічні позначення.

Когнітивний підхід до прийняття рішень враховує особливості організації пам'яті людини таким чином, що багатовимірну інформацію, одержану у вигляді множини параметрів, можна перетворювати в певні графічні або картографічні образ. Наприклад, результати моніторингу техногенних навантажень на довкілля, одержані із різних джерел і систематизовані в базі даних, можна представити у вигляді візуальних образів, що містять інформацію про небезпеку.

Запропоновано стратегії прийняття рішень, що враховують як візуальні образи небезпечних ситуацій, так і суб'єктивні імовірнісні оцінки, які відповідають типовим зразкам (або еталонам), побудованим в імовірнісному просторі експертних знань.

Імовірнісні моделі представлення даних та знань адаптовано до ряду задач моніторингу стану екологічної безпеки енергетичних підприємств. Визначено можливості розроблених моделей для виявлення та структуризації знань, що є важливим етапом інформаційної підтримки процесу прийняття рішень в галузі енергетичної безпеки.

Розроблено когнітивні стратегії прийняття рішень, що включають основні етапи аналізу та систематизації даних із різних джерел. В рамках розроблених стратегій запропоновано критерії прийняття рішень щодо попередження небезпечних ситуацій, локалізації небезпечних впливів та мінімізації колективного ризику для населення.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. *Когаловский М.Р.* Методы интеграции данных в информационных системах. Институт проблем рынка РАН. – Москва, 2010. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ipr-ras.ru/articles/kogalov10-05.pdf>. – Загл. с экрана.

2. *Levy A.Y.* Logic-Based Techniques in Data Integration. In: Logic Based Artificial Intelligence. Edited by J. Minker. Kluwer Publishers, 2000.

3. *Кадієвський В. А.* Когнітивне моделювання прийняття управлінських рішень на підприємстві / В. А. Кадієвський, Л. П. Перхун // Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук, праць. - 2016. - № 3. - С. 48-56.

4. *Каменева И.П.* Семантические аспекты процессов анализа и интеграции информации в интеллектуальных системах / И.П. Каменева // Моделювання та інформаційні технології. – 2018. – Вип. 85.

УДК 004.9:621.3

**Коваленко Олексій Єпифонович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*докторант, доцент, канд. техн. наук*  
oleksiykovalenko@gmail.com

## **ЕЛЕМЕНТИ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМ КІБЕР-ЕНЕРГЕТИКИ**

*Анотація.* Розглядаються архітектурні аспекти побудови систем кібер-енергетики з позицій кіберматики з урахуванням особливостей моделей діяльності у сфері енергетики. Виділені кіберсутності для представлення архітектурних елементів підтримки моделей діяльності.

*Annotation.* The architectural aspects of design of cyber-energy systems from the perspective of cybermatics are considered, taking into account the peculiarities of models of activity in the energy brunch. There are appropriate cyber-entities are separated to represent the architectural elements for activity models support.

Однією з основних ознак інноваційного розвитку є кіберізація різних сфер діяльності. Кіберізація – це процес конвергенції (поєднання) цифрових кібер-сутностей з численними сутностями в традиційних сферах (світах) з набором

кіберматичних теорій і технологій, що охоплюють кіберпростір, кібербезпеку, кіберфізику, кібер-інтелект, кібер-життя тощо. Кібер-сутності та світи з кібер-підтримкою формуються і розширюються в нові сфери, такі як кібер-фізична, кібер-соціальна, кібер-ментальна, кібер-людська, які є предметом відповідних міждисциплінарних досліджень. Систематичне вивчення кібернетичних світів і пов'язаних з ними кібер-сутностей поєднується у цілісній сфері досліджень, яка дістала назву кіберматика. Кіберматика орієнтована в основному на кібер-сутності, які існують у кібер-світі і можуть мати відношення з сутностями у кібер-пов'язаних світах. Таким чином, кіберматика поділяється на дві основні категорії досліджень, відповідно, категорію кіберсвіту і кіберпов'язану категорію. Кібер-сутності пов'язані з енергетичною галуззю утворюють кібернетичний світ кіберенергетики.

Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 року № 605-р передбачає, зокрема, оптимізацію та інноваційний розвиток інфраструктури та забезпечення сталого розвитку енергетичної галузі. Так, оптимізація мереж та засобів обліку орієнтована на

- створення умов для завершення проектів з підвищення надійності енергосистеми, поліпшення зв'язків з енергосистемою континентальної Європи, ліквідації обмежень з видачі потужності генеруючих підприємств;
- сприяння впровадженню «розумних» енергомереж (Smart Grids) і «розумного» обліку споживання електроенергії у споживачів (Smart Metering);
- стимулювання створення інфраструктури для розвитку електротранспорту, включаючи муніципальний;
- покращення показників надійності енергопостачання (SAIDI, SAIFI).

Стосовно забезпечення сталого розвитку передбачено проведення робіт по «оцифруванню» об'єктів енергетики та використання цифрових моделей для моніторингу їх функціонування та здійснювати їх ефективно управління, на основі як автоматичного та і ситуаційного підходу.

Архітектурні рішення для реалізації систем кібер-енергетики повинні узгоджуватись з загальною моделлю функціонування енергоринку та відповідати конкретним моделям діяльності, прийнятим в окремих компонентах систем енергетики. Ланцюжок цінностей (value chain) в енергетичній галузі включає в себе етапи генерації, реалізації, транспортування, розподілу, роздрібною торгівлі, обліку та регулювання споживання. Кожному з цих етапів відповідає свій набір (множина) кібернетичних та кібер-пов'язаних сутностей. Інша точка зору на архітектуру стосується учасників ланцюжка цінностей енергоринку. В загальній архітектурі зацікавлених сторін можна виділити таких учасників як глобальні виробники енергії, локальні виробники енергії, розподільники енергетичних потужностей, енерготрейдери, споживачі енергії, місцеві виробники/постачальники енергії (прос'юмери), підтримуючі служби. Також слід враховувати вид джерела генерації енергетичних потужностей такі як теплові, атомні, гідроелектричні, відновлювальні тощо. Важливою ознакою сучасного енергоринку є невинне зростання частки відновлювальних джерел електроенергії у загальному балансі енергетичних потужностей. Отже, при вирішенні проблеми кіберизації енергетики разом з моделлю ланцюжку цінностей в традиційній енергетиці слід враховувати також такі нові моделі як модель використання «зеленої» енергетики, колективного використання, прос'юмерського використання та прос'юмерської підтримки. Частка різноманітних відновлювальних джерел енергії буде і надалі зростати, що вимагає гармонізації мінливого енергетичного ландшафту на основі сучасних кіберматичних підходів.

УДК 504.06

**Ковач Валерія Омелянівна,**

*ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,*

*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*

*sasha.popov1982@gmail.com*

**Яцишин Андрій Васильович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
andic@ua.fm

**Краснов Євген Борисович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
мол. наук. співроб.  
yevhen.krasnov@gmail.com

**Пугач Олександр Володимирович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
мол. наук. співроб.  
pav281082@gmail.com

## **НОВА ТЕХНОЛОГІЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАФТОВИХ РОЗЛИВІВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

*Анотація.* Розроблено нову технологію ліквідації наслідків розливів нафти і нафтопродуктів в поверхневих водних об'єктах. Суть технології полягає у виготовленні високоефективного сорбенту на основі терморозширеного графіту з використанням НВЧ-магнетронів. Технологія реалізована в вигляді легкої мобільної лабораторної установки, що дозволяє швидко і ефективно виготовити сорбент на місці аварії. Технологія краще існуючих аналогів за всіма показниками.

*Annotation.* A new technology for the elimination of the consequences of oil spills and oil products in surface water bodies has been developed. The essence of the technology is the manufacture of a highly efficient sorbent based on thermally expanded graphite using microwave magnetrons. The technology is implemented in the form of a light mobile laboratory installation, which allows you to quickly and efficiently produce sorbent at the accident site. The technology is better than existing analogues in all respects.

Авторами розроблено нову технологію отримання високодисперсного наносорбенту на основі терморозширеного графіту (ТРГ) та реалізовано її у відповідній мобільній установці. На рис. 1, *а* в графічному варіанті показано загальний вигляд та складові елементи розробленої установки, а на рис. 1, *б* – її



фотографію [1].

Отже, основними перевагами запропонованої технології і обладнання можна вважати наступні:

- екологічність в результаті застосування реактора НВЧ типу резонатора, що є найбільш ефективним і безпечним;
- низьке енергоспоживання в порівнянні з муфельними і іншими печами, що використовуються при виробництві ТРГ;
- безперервний цикл виробництва в режимі реального часу, що дозволяє організувати синтез високодисперсного наносорбента на основі ТРГ, безпосереднього поблизу або на місці аварії;
- менші розміри та маса в порівнянні з аналогами, що значно підвищує мобільність обладнання та полегшує його застосування в різних місцях та об'єктах для ліквідації нафтових розливів.

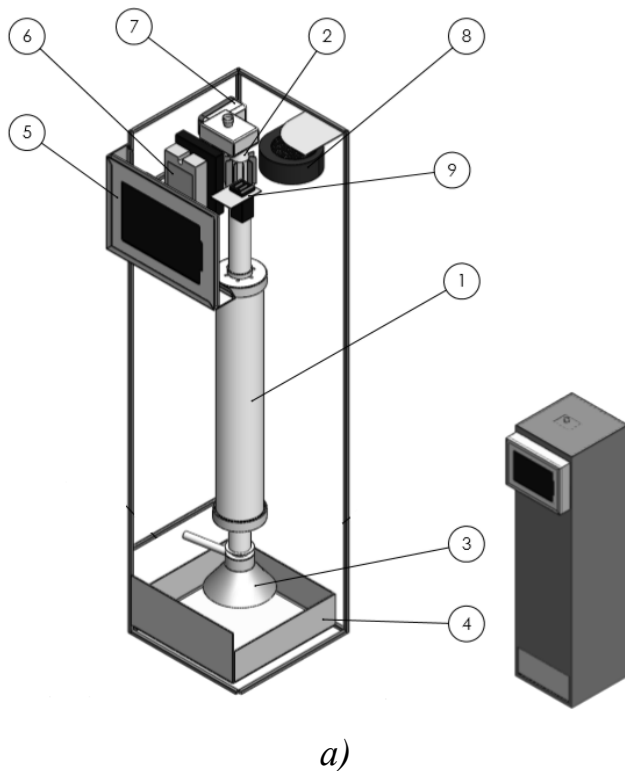


Рис. 1. *а)* 3D-модель установки: 1 – реактор, 2 – вузол дозування, 3 – вузол відвантаження, 4 – лоток, 5 – блок управління, 6 – реле включення нагріву, 7 – компресор, 8 – вентилятор-равлик, 9 – контролер; *б)* фотографія установки

Використання запропонованої технології отримання високодисперсного

наносорбенту на основі ТРГ та установки, що його реалізує, дасть можливість створювати промислові екологічно чисті технологічні комплекси, які можуть бути використані на нафтових платформах, транспортних кораблях, в портах та інших місцях нафтовикористання для швидкої та якісної ліквідації розливів нафтопродуктів у поверхневих водних об'єктах [1].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Ковач В.О.* Підвищення ефективності застосування сорбційного методу ліквідації надзвичайних ситуацій при розливах нафти та нафтопродуктів у водних об'єктах / В.О. Ковач, А.В. Яцишин, Є.Б. Краснов, О.В. Пугач // Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення”, (м. Харків, 9–13 вересня 2019 р.). – Харків : ПП «Стиль-Іздат», 2019. – С. 194–196.

УДК 004.056.53

**Місник Олексій Ігоревич,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
alexmisnik91@gmail.com

## ПРОТИДІЇ КІБЕРАТАКАМ НА ІНФОРМАЦІЙНУ ІНФРАСТРУКТУРУ

*Анотація.* В доповіді розглядаються різновиди програмного забезпечення протидії кібератакам на інформаційну інфраструктуру, що складається з мережеских та веб застосунків. До того ж приділено увагу перевагам і недолікам використання даного програмного забезпечення.

*Annotation.* The report looks types of software protection against attacks on the infrastructure which consist web and data services. Also looks the positive and negative sides of these programs.

## **Актуальність теми**

На сучасному етапі динамічного розвитку й застосування інформаційних технологій виникає проблема підтримання належного рівня захищеності інформаційної інфраструктури від різноманітних кібератак та шкідливого програмного забезпечення, зокрема. Особливо актуальним є питання виявлення та протидії найновішим, ще невідомим методам зламу, вірусам, шкідливому програмному забезпеченню та іншій зловмисній діяльності, що відомі під загальною назвою «0-day-атаки».

Вирішення цього складного завдання покладено на програмні та/або апаратні засоби. Прикладами таких засобів є, наприклад, фаєрвол веб застосунків ModSecurity [1], система виявлення атак Suricata [2][3], що призначені для виявлення несанкціонованого доступу в комп'ютерну систему або мережу або несанкціонованого управління ними через глобальну мережу Інтернет. Дане програмне забезпечення має можливість реєструвати процедури зламу, виявляти та аналізувати мережеві та веб атаки. Проте нині зловмисниками розробляються способи обходу даних засобів забезпечення безпеки, з одного боку. Тоді як з іншого, наявність у ньому уразливостей призводить до зламу мереж та веб застосунків і, як наслідок, інформаційної інфраструктури загалом.

## **Висновки**

Визначено переваги та недоліки програмного забезпечення протидії кібератакам на інформаційну інфраструктуру:

### *Переваги:*

- легкість конфігурації;
- легкість налаштування під конкретні потреби;
- простота і надійність;
- техніка раннього виявлення запобігає відомим методам кібератак.

### *Недоліки:*

- складність відстеження атак, що виходять за рамки налаштованих правил;

- складність адаптування у великих мережах;
- необхідність періодичного оновлення даних.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ModSecurity: Open Source Web Application Firewall [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [modsecurity.org](http://modsecurity.org). – Назва з екрану.
2. Snort - Network Intrusion Detection & Prevention System [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.snort.org](http://www.snort.org). – Назва з екрану.
3. Suricata - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [suricata-ids.org](http://suricata-ids.org). – Назва з екрану.

УДК 004.056.5

**Мохор Володимир Володимирович**,  
директор ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України,  
чл.-кор. НАН України, професор, д-р техн. наук  
[v.mokhor@gmail.com](mailto:v.mokhor@gmail.com)

**Цуркан Василь Васильович**  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
доцент, канд. техн. наук,  
[v.v.tsurkan@gmail.com](mailto:v.v.tsurkan@gmail.com)

## СПОСОБИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ

*Анотація.* Приділено увагу проблемі розроблення системи управління інформаційною безпекою. Проаналізовано типові способи представлення систем стосовно подолання означеної проблеми.

*Annotation.* Attention is paid to the problem of building information security management system. Typical ways for representing the system to overcome the problem identified are analyzed.

Розроблення системи управління інформаційною безпекою характеризується орієнтованістю на окремі аспекти [1, 2]. Це призводить до проблеми її розробленості через складнощі виокремлення елементів, взаємозв'язків між ними, структури та, як наслідок, раціонального вибору її варіантів.

Для подолання означеної проблеми можливе використання типових способів представлення систем [3, 4]. За першим способом вони аналізуються стосовно виокремлення їх елементів і встановлення зв'язків між ними. Завдяки цьому можливе їх розглядання як єдиного цілого. Водночас використання другого способу орієнтоване на представлення тільки окремих аспектів систем. Це призведе до ускладненості розглядання їх як єдиного цілого.

Таким чином, подолання проблеми розроблення системи управління інформаційною безпекою можливе завдяки використанню першого способу представлення систем. Зокрема, орієнтованого на її розглядання як єдиного цілого.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. ДСТУ ISO/IEC 27001:2015. Інформаційні технології. Методи захисту системи управління інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2013; Cor 1:2014, IDT). – [Чинний від 2015-12-18]. – Київ, 2016. – 22 с.
2. ISO/IEC 27032:2012. Information technology. Security techniques. Guidelines for cybersecurity. – [First edition 2012-07-15]. – Geneva, 2012. – 50 p.
3. Згуровский М.З. Системный анализ : проблемы, методология, применение / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова. – К. : Наукова думка, 2005. – 743 с.
4. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. Серия «Системы и проблемы управления». – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.

**Огір Олександр Степанович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*гол. наук. співроб., д-р техн. наук*  
lenaogir@gmail.com

## **НОВА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ УЗ ЗОБРАЖЕНЬ В ГОЛОГРАФІЧНИХ СИСТЕМАХ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ**

*Анотація.* У голографічній системі ехоскопії формування УЗ зображення здійснюється на основі операції зверненого дифракційного інтеграла Релея-Зоммерфельда. Для використання цієї операції розробляється дискретна математична модель дифракційного інтеграла, в якій враховується як фізичні, геометричні можливості системи реєстрації звукової голограми, так і обмеження, пов'язані з похибкою уявлення в дискретній моделі фазових компонент звукової голограми та вплив заміни в дискретній математичній моделі тривимірних просторових описів місця розташування точок - неоднородностей в обсязі звукового імпульсу їх одновимірними аналогами на точність відбудовування ехосигналів в пікселях зображення.

*Annotation.* In the holographic system of echoscopy ultrasound imaging is performed on the basis of the operation of the inverted Rayleigh-Sommerfeld diffraction integral. To use this operation, a discrete mathematical model of the diffraction integral is developed, which takes into account both the physical, geometric capabilities of the sound hologram registration system, and the limitations associated with the misrepresentation in the discrete model of phase components of the sound hologram and the effect of replacement in the discrete mathematical model descriptions of the location of the points of inhomogeneity in the volume of the sound pulse by their one-dimensional analogues for the accuracy of reconstruction of echoes in pixels of the image.

Доповідь присвячена дослідженню математичних моделей ультразвукових сигналів, що використовуються в системах формування акустичних зображень внутрішньої структури контрольованих матеріалів та середовищ об'єктів

енергетичної галузі. Актуальність даної тематики показана в [1,2].

Розроблені математичні основи комп'ютерної технології формування УЗ зображень, що включають математичну апроксимаційну модель голограми, обчислювальний метод формування акустичних зображень, апаратне та програмне забезпечення процесу формування растрових голограмних зображень дозволяють реалізацію УЗ голографічних систем неруйнівного контролю середовищ, матеріалів і об'єктів для візуалізації місцеположення, форми і розмірів дефектів у вигляді мікро тріщин, сторонніх включень і т.п.

Доведено, що трьохвимірні фазові описи просторового положення точок - неоднорідностей середовища в об'ємі звукового імпульсу можуть бути апроксимовані їх одновимірними проєкціями на координатну вісь об'єктної площини колінеарну лінійній вимірювальній апертурі. Така апроксимація не вносить похибок до відтворених по фазовій одновимірній голограмі значень інтенсивності коливань сфокусованих точок оскільки матриця фазової передатної функції вільного простору не змінює при цьому модулів характеристичних комплексних чисел, змінюються тільки їх фазові характеристики. Рішення задачі в аналітичному вигляді передбачає вибір фізично реалізуємих хвильових процесів, деякий "штучний відбір". Часто при завданні множинних граничних умов, хвильова задача виявляється настільки складною, що аналітичне рішення не може бути одержане.

Накопичений досвід в точному вирішенні хвильових акустичних задач практично неможливо використати для наших цілей, оскільки в самому загальному випадку недоказано існування і єдиність рішення оберненої задачі.

Доведено, що в середовищі з одним типом акустичних хвиль (газ, рідина), де оператор розсіяння є повним та однозначним, існує також єдиний обернений оператор [3,4]. На жаль, на даний час не знайдено конструктивних рішень оберненої хвильової задачі у вигляді, придатному для визначення розміру і форми дефектів у металі. Існуюча неоднозначність інтерпретації ехосигналів від різноманітних джерел відбитої хвилі пов'язана з багатою динамікою хвильового рівняння для твердих тіл з декількома границями, або ж з

криволінійними пограничними площинами.

Важливо відмітити, що з допомогою УЗ сканерів відтворення  $I(r)$  здійснюється умовно. Завжди мається вірогідність викривлень, пов'язаних з коефіцієнтом відбиття. Наприклад, якщо є деяка границя в  $I(r)$ , але на ній коефіцієнт відбиття з якихось причин дорівнює нулю, то УЗ сканер в принципі не виявляє цю границю. Одержимо аналітичний вираз для ехосигналів від об'єкту з дефектами.

Позначимо  $L = |R_i| + |R_r|$ , сумарну довжину пробігу хвиль від випромінювача до відбивача і назад, а також  $L = C \cdot t$  – довжину пробігу хвиль, відповідну затримці сигналу,  $C$  – швидкість звуку. ехосигнал  $F(L)$  буде виражатись інтегралом по об'єму

$$F(L) = \int f(L-l) \cdot U(r) \cdot O(r)$$

Функція об'єкта контролю  $O(r)$  в формулі (1.2) перетворює інтеграл по об'єму в інтеграл по поверхні, оскільки  $O(r)$  дорівнює коефіцієнту відбиття на поверхні і дорівнює 0 в об'ємі.

Вищесказане дозволяє констатувати, що незалежно від алгоритму реконструкції відображення дефекту, він, по суті, є лише інтерпретатором дефекту, тобто на основі деяких принципів і уявлень про формування ехосигналів алгоритм здійснює розрахунок зображення. Тому завжди є доля вірогідності, що деякі дефекти не будуть представлені на зображенні, або навпаки можуть формуватись помилкові картини дефектів (артефакти). Таким чином, моделі ехосигналів і алгоритми формування акустичних зображень є ключовими моментами формування зображень, які враховують явища дифракції, інтерференції, що супроводжують фізичні процеси розповсюдження звукової хвилі в об'єкті контролю.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Евдокимов В.Ф., Огир А.С. Математическое моделирование сигналов и процессов в акустической голографии: проблемы и перспективы. – «Электронное моделирование», т.18, 1996, №4.-С.29-33.



2. Огир А.С. Исследование процессов компьютерного восстановления акустических изображений. //Методы и средства компьютерного моделирования. Сб. научн. трудов, ИПМЭ НАНУ, 1997.-С.41-44.

3. Огир А.С. О построении квазиголографической системы акустического контроля материалов. // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. праць. ІПМЕ НАНУ, вип. 13, 2002.-С.76-81.

4. Євдокимов В.Ф., Огир О.С., Огир О.О. Дослідження характеристик якості УЗ зображень та алгоритмів їх обробки. // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. пр. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАНУ, 2017. – Вип. 80.

УДК 621.3; 543.7.4; 543.8

**Огир Олена Олександрівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірантка*  
lenaogir@gmail.com

## **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ, ПРОГРАМ, АПАРАТУРИ ВІДТВОРЕННЯ АКУСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛІВ ТА СЕРЕДОВИЩ**

*Анотація.* Розробка та дослідження нового програмно-апаратного комплексу для вимірювань та обробки фазових параметрів когерентного поля, відбитого сканованим об'ємом, що дає можливість позбавитись при формуванні акустичного зображення методичних похибок при апроксимації параксіального наближення Френеля, що використовується в сучасних сканерах мв методі трансверсальної фільтрації, а також дозволяє враховувати флуктуації швидкості розповсюдження звукової хвилі в сканованому середовищі – причину похибок в початкових фазах реєстрованих сигналів, які підсумовуються згідно з методом трансверсальної фільтрації, як частково випадкові некогерентні сигнали.

*Annotation.* The development and research of a new hardware and software complex for measuring and processing the phase parameters of a coherent field reflected by scanned volume, which makes it possible to get rid of the formation of an acoustic image of methodological errors in approximating the Fresnel paraxial approximation, which is used in modern scanners in the transverse filtering method, and also allows fluctuations in the speed of propagation of a sound wave in a scanned medium - the cause of errors in the initial phases unregistered signals, which are summed by the method of transverse filtering, as partially random incoherent signals.

Розробка та дослідження нового програмно-апаратного комплексу для вимірювань та обробки фазових параметрів когерентного поля, відбитого сканованим об'ємом, що дає можливість позбавитись при формуванні акустичного зображення методичних похибок при апроксимації параксіального наближення Френеля, що використовується в сучасних сканерах в методі трансверсальної фільтрації, а також дозволяє враховувати флуктуації швидкості розповсюдження звукової хвилі в сканованому середовищі – причину похибок в початкових фазах реєстрованих сигналів, які підсумовуються згідно з методом трансверсальної фільтрації, як частково випадкові некогерентні сигнали [1,2].

Рішення задачі реалізації алгоритмів на програмному та апаратному рівні всіх стадій обробки, від реєстрації показаній датчиків до формування та виводу інформації на дисплей можна представити у вигляді обробки та реконструкції зображень, що відбувається в режимі реального часу, виходячи з призначення та логіки функціонування системи [3]. Потік даних достатньо великий, і стандартні методи рішення виявляються непридатними. Вхідними даними системи можна вважати інформацію з 64 датчиків – приймачів ехосигналів. Розрядність АЦП 10 розрядів. Частота тонального сигналу 3 МГц, на одному періоді ехосигнала необхідно реєструвати шість значень датчиків. Дані для формування кожної компоненти фазової голограми відбитого ехосигнала реєструються протягом трьох періодів, тобто 18 значень ехосигналів.

Алгоритм цифрової обробки сигналу в блоках багатоканального

синхронного детектора представляє обчислення сум парних добутоків отриманих значень з датчика на синус та косинус опорного сигналу.

В блоках обчислення компонент фазової голограми здійснюється виконання операції покомпонентного добутку комплексних амплітуд на відповідний множник, спряжений фазовому множнику Френеля, а також на множник фільтра Дольфа-Чебишева. У результаті цих операцій в перетвореному спектрі голограми залишаються тільки лінійні частоти Фур'є - перетворення. Компоненти фазової голограми визначаються шляхом виключення в них амплітудних значень та присвоєння амплітуди, що дорівнює одиниці.

Таким чином, для реалізації блоків синхронного детектування необхідно реалізувати спец процесор. Завдання добре піддається розпаралелюванню на  $2 \div 64$  обчислювальних потоків. При реалізації на цифрових сигнальних процесорах (DSP) такі перетворення займуть приблизно 12 – 28 тактів на виконання одного кроку, що при частоті 18 МГц складе потрібну потужність для обробки одного каналу 216 - 504 МГц. Більшість процесорів можуть обробляти кілька таких завдань одночасно. Альтернативним варіантом до реалізації на DSP є рішення з застосуванням програмованих логічних інтегральних схем, особливо враховуючи, що в більшості схем є входи з АЦП, та гарні можливості для паралельної обробки даних [4].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Євдокимов В.Ф., Огір О.С., Огір О.О. Дослідження характеристик якості УЗ зображень та алгоритмів їх обробки. // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. пр. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАНУ, 2017. – Вип. 80.

2. Огир А.С. Исследование процессов компьютерного восстановления акустических изображений. //Методы и средства компьютерного моделирования. Сб. научн. трудов, ИПМЭ НАНУ, 1997.-С.41-44.

3. Євдокимов В.Ф. Дослідження характеристик якості УЗ зображень та алгоритмів їх обробки. / Огір О.С., Огір О.О. // Моделювання та інформаційні технології - 2017. – Вип. 80. С. 3-11

4. Огір О.О. Метод підвищення якості реконструкції діагностичних зображень на основі інтегральних перетворень.// Электронное моделирование - 2019. Том 41 №4 – С. 35-47

УДК 004.94

**Самойлов Віктор Дмитрович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*з.н.с., д.т.н., професор*  
samoylov.vd@gmail.com

**Абрамович Роман Петрович,**  
*ТОВ НВП «АСОТ»*  
romanabramovych@gmail.com

### **РОЗВИТОК ІМІТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ КОНСТРУЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ**

Досвідчений оперативно-диспетчерський персонал і галузеві документи є носіями і джерелом знань і умінь, які необхідні для ефективного управління об'єктами енергетики та підтримки їх в робочому стані. Це дозволило в 80-і роки минулого століття зробити висновок про можливість в цілях масового створення комп'ютерних засобів підготовки персоналу виключити з цього процесу математиків (математичні моделі об'єктів для тренажерів) та програмістів (створення програм засобів підготовки) поклавши це завдання на галузевих фахівців. Однак, для забезпечення такої можливості необхідним є комп'ютерний супровід процесу створення цих засобів галузевими фахівцями. Для цієї мети були розроблені Системи Автоматизованої Побудови (САП) – САП ДІТ [1], САП ТОП [2], САП ПАТ [3].

Ці системи успішно використовувалися в галузевих технологічних організаціях та підприємствах при створенні Динамічних Тренажерів (ДІТ), Тренажерів Оперативних Перемикачів (ТОП), ПротиАварійних Тренажерів (ПАТ) в рамках галузевої системи навчання і тренажу– ОСОТ(рос.) Міненерго УРСР. На жаль масовому тиражуванню тренажерних засобів підготовки в той час заважала погана оснащеність галузі комп'ютерами і відсутність графічних кольорових дисплеїв.

Минуло понад 30 років, але масової оснащеності галузі тренажерами не спостерігається незважаючи на хорошу забезпеченість її підприємств комп'ютерами и графічними кольоровими дисплеями.

Напротязі останніх 10-15 років в ІПМЕ НАН України продовжувались наукові дослідження пов'язані з розробкою систем конструювання засобів підготовки персоналу на основі імітаційно-технологічного методу, в якому основою для побудови є опис процесу робочої діяльності персоналу, що формується виходячи з посадових інструкцій та галузевої нормативно-технічної та технологічної документації. Для кожного тренажерного заняття розробляється імітаційна модель управління об'єктом, а не математична модель об'єкта. Порівняння традиційного об'єктно-математичного методу конструювання комп'ютерних тренажерів з імітаційно-технологічним доводить значні переваги останнього, особливо в плані фінансових затрат.

Базові принципи імітаційно-технологічного методу конструювання тренажерів та навчальних систем:

- шлях розробки:
  - від посадових та експлуатаційних інструкцій (ПІ/ЕІ);
  - через графічні моделі робочої діяльності (ГМРД);
  - до сценарно-моделюючих структур (СМС).
- замість математичної моделі об'єкта застосовується модель управління об'єктом у вигляді даних і формул;
- моделі управління об'єктом можуть бути розподілені між сценами;

- розробки супроводжуються графічними специфікаціями як сценарної складової, так і імітаційних (формульних) моделей;
- графічна специфікація типових бібліотечних блоків;
- наявність типових блоків реалізації автоматичного оцінювання навчальної діяльності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Писаренко А.П., Самойлов В.Д., Стеценко О.Я.* Компьютерные технологии моделирования для динамических тренажеров – Київ, Наукова думка, 1992. – 165 с.

2. *Сметана С.И.* Автоматизированная система построения тренажеров для диспетчеров электрических сетей: дис. канд. техн. наук: 05.14.02 / Электричністанції, мережі і системи. – Київ, 1985. – 198 с.

3. *Переверзев И.П.* Противоаварийный тренажер для диспетчеров электрических сетей с автоматизированной адаптацией к электроэнергетическим объектам: дис. канд. техн. наук: 05.14.02 / Электричністанції, мережі і системи. – Київ, 1988. – 159 с.

УДК 504.06

**Станіцина Валентина Володимирівна.**

*Інститут загальної енергетики НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук*

**Артемчук Володимир Олександрович,**

*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук  
ak24avo@gmail.com*

### ВРАХУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ У СЕРЕДНІЙ ВАРТОСТІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ

*Анотація.* Визначено екологічні фактори, які вплинуть на вартість теплової енергії внаслідок впровадження заходів для досягнення екологічних

вимог до спалюючих установок. Запропоновано алгоритми для врахування екологічної складової у показнику «середня вартість теплової енергії за життєвий цикл» та для оцінки впливу зменшення екологічного податку внаслідок впровадження природоохоронних заходів.

*Annotation.* Environmental factors that will affect the cost of thermal energy as a result of measures to achieve environmental requirements for incineration plants are identified. Algorithms are proposed to take into account the environmental component in the indicator "levelized cost of heat" and to evaluate the impact of environmental tax reductions due to the implementation of environmental measures.

В Україні розвинута система централізованого тепlopостачання, теплогенеруючі джерела якої, побудовані в основному ще за радянських часів, морально та фізично застарілі. Тим часом у світі широко впроваджуються нові технології (наприклад, теплові насоси). Для оцінювання та порівняння економічної ефективності різних технологій виробництва енергії використовується показник середньої вартості енергії за життєвий цикл – LCOE, у випадку теплової енергії – LCOH (Levelized Cost of Heat) [1, 2].

Враховуюче постійне зростання як екологічних вимог до спалюючих установок, так і ставок екологічного податку, необхідним є врахування екологічного фактору у показнику LCOH для теплогенеруючих установок, перспективних для будівництва в Україні. Тому у розрахунках необхідно врахувати, окрім загальновідомих складових, наступне: вартість очисного обладнання, яке має забезпечити виконання екологічних нормативів (електрофільтри, рукавні фільтри, циклони, обладнання для зменшення викидів окислів сірки та азоту тощо); вартість експлуатації очисного обладнання (електроенергія, хімічні реактиви, знешкодження вловлених забруднюючих речовин тощо); екологічний податок.

Пропонується середню вартість теплової енергії за життєвий цикл з урахуванням екологічної складової обраховувати за виразом:

$$LCOH = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{I_t + M_t + F_t + (I_t^{eco} + M_t^{eco} + F_t^{eco})}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{H_t}{(1+r)^t}}$$

де:  $t$  – поточний вік системи з початку спорудження (індекс складових витрат);  $N$  – термін існування проекту;  $I_t$  – щорічні інвестиції (капітальні або інвестиційні);  $M_t$  – умовно постійні витрати на обслуговування та ремонт;  $F_t$  – умовно змінні витрати на ресурси – паливо, електроенергія, вода тощо;  $H_t$  – річне виробництво теплоенергії;  $r$  – дисконтна ставка (дисконт), що відображає швидкість здешевлення інвестиційного капіталу з рокам;  $I_t^{eco}$  – щорічні інвестиції у очисне обладнання;  $M_t^{eco}$  – витрати на обслуговування та ремонт очисного обладнання;  $T_t^{eco}$  – екологічний податок.

Одним з факторів, що стимулюватиме впровадження заходів для зменшення викидів забруднюючих речовин, буде подальше зростання ставок екологічного податку. Оцінювати вплив зменшення екологічного податку внаслідок впровадження природоохоронних заходів на показник LCOH пропонується за виразом:

$$LCOH = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{I_t + M_t + F_t + (I_t^{eco} + M_t^{eco})}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t^{eco} - \Delta F_t^{eco}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{H_t}{(1+r)^t}}$$

де  $\Delta F_t^{eco}$  – зменшення екологічного податку внаслідок впровадження природоохоронних заходів.

Ймовірно, внаслідок зменшення обсягу викидів забруднюючих речовин складова  $\Delta F_t^{eco}$  буде більшою, ніж складові  $I_t^{eco}$  та  $M_t^{eco}$  разом.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kuts, G.O. & Stanytsina, V.V. & Kobernik, V.S. (2016). Comparative estimate of the cost of thermal energy from the operating and projected heat-generating sources for the systems of heat supply of Ukraine. The Problems of General Energy. 2016. 12-18. 10.15407/pge2016.03.012.



2. Станиціна В.В. Визначення середньої вартості теплової енергії за життєвий цикл теплонасосної станції на артезіанських водах. Зб. тез XXXVII науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. К., 2019. С.67-68.

УДК 004.42::621.3

**Сушко Сергій Володимирович,**  
*ІІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*аспірант*  
sergii.sushko@gmail.com

## **УНІВЕРСАЛЬНІ ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

*Анотація.* Безпека в енергетиці являє собою багатофакторний підхід, що охоплює різноманітні цілі та задачі. Програмне забезпечення, як складова частина інформаційних та керуючих систем енергетики, є важливим компонентом. Надійність та захищеність є найголовнішими якостями програмного забезпечення, що використовується в енергетиці. Водночас, швидкодія енергоефективність також є визначними показниками. Автор розглядає методи оптимізації програмного забезпечення, що можуть прискорити та зробити більш енергоефективними широкий клас алгоритмів, у тому числі тих, що використовуються у енергетиці.

*Annotation.* Safety in energetics is a multifactorial approach that consists of different goals and tasks. Software is an important part of informational and control systems of energetics. Reliability and security are the most important facilities of software in energetics. At the same time, performance and energy efficiency are also significant indicators. The author discusses software optimization techniques that can accelerate and make energy-efficient a wide range of algorithms, including used in energetics.

Оптимізація програмного забезпечення як один компонентів безпеки в енергетиці являє собою актуальну задачу сьогодення. Зазвичай, головними вимогами до програмного забезпечення в енергетиці є надійність, швидкодія, гарантований час обробки інформації. Використання оптимізаційних методів дозволяє виконувати поставлені задачі швидше та більш енергоефективно. Окремий клас задач в енергетиці складають задачі моделювання та прогнозування. Такі задачі можуть потребувати значних обчислювальних потужностей і обчислюватись тривалий час. Спеціалізовані алгоритми в енергетиці також використовують алгоритми та методи широкого застосування – матричні обчислення, розв'язання систем рівнянь, пошук коренів та інші. Такі алгоритми і є найбільш очевидними цілями для оптимізації.

Розглядаючи різноманіття можливих оптимізаційних алгоритмів, варто окремо виділити такий як розпаралелювання. У випадках, коли обчислення може бути розподілено на декілька обчислювальних пристроїв, прискорення виконання програм може бути майже лінійно з кількістю обчислювальних пристроїв, згідно правила Амдала. Розпаралелювання тим більш ефективне, чим менше зв'язок між вхідними і вихідними даними обчислення. Існує багато інших способів оптимізації програмного забезпечення. У контексті синергії з розпаралелюванням варто розглянути такий метод як метод розбиття на блоки. Сутність цього методу полягає в модифікації тіла обчислювального циклу. Метод розбиття на блоки розглядає увесь діапазон змінних обчислювального циклу як ітераційний простір, який може мати довільну розмірність. Цей простір розбивається на менші субпростори з меншими розмірами, так звані блоками [1]. Метод розбиття на блоки виконує дві функції – покращується локальність даних та з'являється багато менших задач для обчислення, що надалі можуть бути розподілені для розпаралелювання. Це може прискорювати час виконання програм та/або енергоефективність за рахунок меншої кількості промахів кешу [2] та [3].

Окремо варто підкреслити, що метод розбиття на блоки це метод перетворення вихідного програмного коду у вихідний програмний код. Таким

чином, цей метод не прив'язаний до компілятора і є апаратно та програмно універсальним. Таким чином, всі потужні засоби оптимізації на рівні компілятора не ігноруються, а має місце поєднання оптимізації на рівні алгоритму та компілятору. Отже, використання методу розбиття на блоки може бути ефективним в задачах енергетики у різних алгоритмах та на різноманітному апаратному забезпеченню.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Uday Bondhugula. Effective Automatic Parallelization and Locality Optimization Using The Polyhedral model: дис. канд. / Uday Bondhugula. – The Ohio State University, 2010. – 193 с.
2. Чемерис А. А. Исследование быстродействия и энергопотребления при автоматической оптимизации методами разбиения на блоки и распараллеливания для вычислений на платформе x64 / А. А. Чемерис, С. В. Сушко. // Моделювання та інформаційні технології. – 2017. – №80. – С. 52–60.
3. Chemeris A. Influence of Software Optimization on Energy Consumption of Embedded Systems / A. Chemeris, D. Lazorenko, S. Sushko // Green IT Engineering: Components, Networks and Systems Implementation, 2017.

УДК 504.06

**Попов Олександр Олександрович,**  
*ДУ «ІГНС НАН України»,  
старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
sasha.popov1982@gmail.com*

**Ковач Валерія Омелянівна,**  
*ДУ «ІГНС НАН України»,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук  
valeriiakovach@gmail.com*

**Куценко Володимир Олександрович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
інж. 2-ої категорії  
kuts.vo@gmail.com

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

*Анотація.* Здійснено критичний аналіз існуючих підходів до побудови та оптимізації мереж моніторингу стану атмосферного повітря. Показано, що недоліки цих підходів не дають можливості їх використовувати у вирішенні проблеми оптимізації системи моніторингу стану атмосферного повітря України з точки зору раціонального розміщення нових постів спостереження згідно європейських вимог та стандартів.

*Annotation.* A critical analysis of existing approaches to the construction and optimization of networks for monitoring the state of atmospheric air was carried out. It is shown that the disadvantages of these approaches do not allow them to be used in solving the problem of optimizing the monitoring system of atmospheric air in Ukraine from the point of view of rational placement of new observation posts in accordance with European requirements and standards.

Існуюча мережа постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря (АП) України на сьогоднішній день вже не є оптимальною, що не дає можливості бачити реальну картину забруднення, а це, в свою чергу, не дає можливості приймати ефективні рішення щодо управління станом АП та ризиком для здоров'я населення на урбанізованих територіях [1].

Автори виконують науковий проект на тему «Математичні та програмні засоби оптимізації мережі постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря на техногенно-навантажених територіях України». Метою проекту є розробка математичних та програмних засобів оптимізації мережі постів спостереження за забрудненням АП на урбанізованих територіях України для підвищення ефективності Державної системи моніторингу довкілля згідно європейських вимог та стандартів.

Для досягнення поставленої мети було розв'язано першу задачу проекту, а саме здійснено критичний аналіз підходів до побудови та оптимізації мереж моніторингу стану АП, результати якого представлено в табл. 1 [1]. Виконаний аналіз дозволив визначити недоліки цих підходів, які не дають можливості їх використовувати у вирішенні проблеми оптимізації системи моніторингу стану АП України з точки зору раціонального розміщення нових постів спостереження згідно європейських вимог та стандартів.

Таблиця 1 - Характеристики підходів до формування мережі моніторингу стану АП

<b>Підхід</b> <b>Характеристика</b>	<b>Економічний підхід</b>	<b>Ймовірнісно-статистичний („метеорологічний”) підхід</b>	<b>Ряд інших підходів</b>	<b>Підхід Верлана В.А.</b>
Можливість задання пріоритетів	—	—	—	—
Врахування метеопараметрів	+	—	+	+
Врахування пріоритетності та населеності територій	+	—	+	+
Врахування багатьох забруднюючих речовин	+	+	+	+
Врахування структури розташування джерел забруднення	+	—	+	+
Врахування типу постів спостереження за забрудненням	—	—	—	+
Можливість використання різних моделей забруднення	+	+	+	+
Комп'ютерна реалізація	—	—	—	—

Отже, актуальним напрямком дослідження є математична постановка задачі оптимального розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану АП, розробка, дослідження та реалізація нових математичних та комп'ютерних засобів для її вирішення, на що і направлений проект авторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Каменева І.П.* Математичні моделі для визначення раціонального розміщення мережі ПСЗ атмосфери міста / І.П. Каменева, А.В. Яцишин, В.О. Артемчук, О.О. Попов // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2011. – Вип. 3/4 (51). – С. 7–11.

УДК 621.3

**Шкарупило Вадим Вікторович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*докторант, доцент, канд. техн. наук,*  
*shkarupylo.vadym@gmail.com*

**Євдокимов Віктор Федорович,**  
*чл.-кор. НАН України, професор, д-р техн. наук,*  
*заслужений діяч науки і техніки України,*  
*почесний директор ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*

**Душеба Валентина Віталіївна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України*  
*доцент, канд. техн. наук*  
*vdusheba@ukr.net*

## АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПЕРЕВІРКИ НА МОДЕЛІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Анотація.* Проводиться аналіз аспектів застосування методів перевірки на моделі при проектуванні систем критичного призначення. Формулюються

рекомендації до застосування методів перевірки на моделі, з позицій автоматизації та достовірності одержуваних результатів.

*Annotation.* The analysis of model checking methods usage while safety-critical systems designing has been conducted. The recommendations to model checking methods application have been formulated, with respect to automation and credibility of the results obtained.

Сучасний рівень розвитку підходів до проектування систем критичного призначення можна охарактеризувати як такий, що ґрунтується на активному залученні формальних методів, а саме – методів перевірки на моделі [1]. Відмінною рисою названого сімейства методів є можливість автоматизації їх застосування.

Застосування методів перевірки на моделі по відношенню до проектних рішень систем критичного призначення має на меті підвищити рівень їх функціональної безпеки за рахунок виявлення критично важливих помилок вже на етапі проектування процесу розробки, а не на заключних етапах – етапі тестування зокрема. Такий підхід супроводжується, наприклад, суттєвим зниженням матеріальних та часових витрат на усунення названих помилок [2]. Разом із тим, він залишає відкритими низку питань (аспектів). Серед них наступні: судження відносно коректності того чи іншого проектного (архітектурного) рішення виносяться на основі відповідної формальної моделі (специфікації) – це посилює важливість ретельної перевірки адекватності такої моделі; більше того, зважаючи на експоненційний характер росту часових витрат на верифікацію від числа змінних станів формальної моделі [3], постає питання знаходження балансу між доступними обчислювальними ресурсами, часовими ресурсами та очікуваним корисним ефектом від автоматизованої перевірки на моделі. Останній названий аспект полягає у потребі створення методики визначення достатнього рівня деталізації формальних специфікацій.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Кларк Э. М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ: Model checking : пер. с англ. / под ред. Р. Смелянского. М. : МЦНМО, 2002. 416 с.

2. Reinertsen D. G. The principles of product development flow: second generation lean product development : 1st ed. Redondo Beach, CA : Celeritas Publishing, 2009. 304 p.

3. Shkarupylo V. V., Tomičić I., Kasian K. M. The investigation of TLC model checker properties. Journal of Information and Organizational Sciences. 2016. Vol. 40, No. 1. P. 145-152.

УДК 504.06

**Яцишин Андрій Васильович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., д-р техн. наук*  
iatsyshyn.andriy@gmail.com

**Артемчук Володимир Олександрович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
ak24avo@gmail.com

**Каменева Ірина Петрівна,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*старш. наук. співроб., канд. техн. наук*  
kamenevaip@gmail.com

**Попов Олександр Олександрович,**  
*ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,*  
*старш. наук. співроб., д-р техн. наук*  
sasha.popov1982@gmail.com

**Бугайов Олександр Пилипович,**  
*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,*  
*наук. співроб.*



## **ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ МЕРЕЖІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ УРАБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ**

*Анотація.* Визначено перспективи застосування методів та засобів інтелектуального аналізу даних щодо інформаційної підтримки прийняття рішень, спрямованих на оцінювання наслідків техногенного впливу і зменшення обсягу навантажень на довкілля. Запропоновано ряд методів та алгоритмів, які дають можливість оцінювати значення невідомих характеристик і параметрів за відомими даними, та показано приклади їх використання.

*Annotation.* Prospects for the application of methods and tools of data mining for information support of decision making aimed at assessing the effects of technogenic impact and reducing the volume of environmental loads are determined. A number of methods and algorithms are proposed to evaluate the values of unknown characteristics and parameters by known data, and examples of their use are shown.

На підставі власного досвіду роботи в галузі екологічної безпеки та на основі аналізу наукових джерел визначено, що основною метою досліджень в даному напрямі є розробка та впровадження сучасних механізмів управління екологічною безпекою та станом навколишнього середовища. Під словами «механізми управління» автори розуміють сукупність певних методів та засобів управління екологічною безпекою й природокористуванням.

Інтелектуальний аналіз даних у задачах екологічної безпеки включає методики та засоби, які на основі будь-яких моделей, алгоритмів або математичних теорем дають можливість оцінювати значення невідомих характеристик і параметрів за відомими даними [1].

В роботі [2, 3] досліджено можливості адаптації та удосконалення ряду найбільш відомих алгоритмів інтелектуального аналізу даних: C4.5, K-means, методу опорних векторів (SVM), kNN, наївного баєсового класифікатору, алгоритму Apriori для задач аналізу даних мережі моніторингу атмосферного повітря.

Інтелектуальний аналіз даних моніторингу стану атмосферного повітря урбанізованих територій проводився авторами в рамках інформаційно-аналітичної системи еколого-енергетичного моніторингу AISEEM [1, 4]. Дані щодо забруднюючих речовин завантажувались з автоматизованої системи моніторингу за станом атмосферного повітря м. Кривий Ріг [https://krmisto.gov.ua/ua/rc/ecomon.html]. Спостереження здійснювались за 6 забруднюючими речовинами: діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ), оксид азоту ( $\text{NO}$ ), сірчаний ангідрид ( $\text{SO}_2$ ), оксид вуглецю ( $\text{CO}$ ), аміак ( $\text{NH}_3$ ), сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ), пил, а метеорологічними параметрами були середня швидкість вітру, напрямок вітру, температура, відносна вологість та тиск.

Наведемо деякі приклади інтелектуального аналізу даних для погодинних максимально разових концентрацій забруднюючих речовин та метеорологічних даних на міському ПАС №1 з 10 по 16 грудня 2018 року. На рис. 1 зображено діаграму розсіювання (Scatter Plot), де на осі абсцис показані рівні концентрацій пилу ( $\text{мг/м}^3$ ), а на осі ординат – діоксиду азоту ( $\text{мг/м}^3$ ). Концентрації пилу на цьому часовому інтервалі змінювались від  $0,156 \text{ мг/м}^3$  до  $0,284 \text{ мг/м}^3$ , а концентрації діоксиду азоту – від  $0,027 \text{ мг/м}^3$  до  $0,091 \text{ мг/м}^3$ .

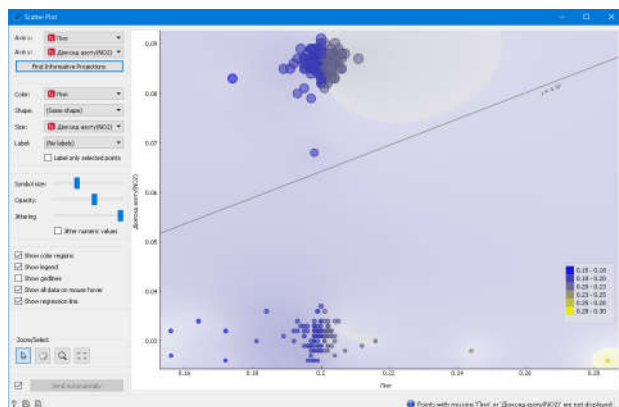


Рис. 1. Діаграма розсіювання концентрацій пилу та діоксиду азоту

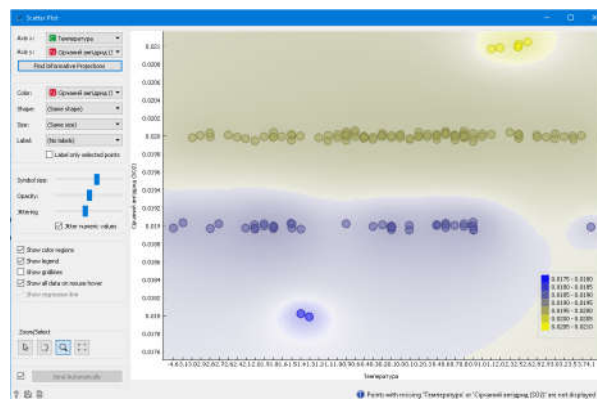


Рис. 2. Діаграма розсіювання температури повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) та концентрації сірчаного ангідриду

На рис. 2 показано діаграму розсіювання, де на осі абсцис показано температуру повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ), а на осі ординат – концентрації сірчаного ангідриду ( $\text{мг/м}^3$ ). Температура на цьому часовому інтервалі змінювалась від  $-4,1^{\circ}\text{C}$  до  $+4,6^{\circ}\text{C}$ , а концентрації сірчаного ангідриду – від  $0,018 \text{ мг/м}^3$  до  $0,021 \text{ мг/м}^3$ .

Підкреслимо, що на даному етапі дослідження наведено лише попередні результати аналізу даних моніторингу. Адже застосування інтелектуальних технологій для виявлення нових знань та закономірностей потребує значно більшої кількості даних щодо забруднення атмосфери, викидів транспорту та промислових підприємств, захворюваності населення тощо. Маємо надію, що такі дані будуть доступні після реалізації Загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля», що дасть можливість здійснювати більш ґрунтовний аналіз даних моніторингу стану атмосферного повітря.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Artemchuk, V.O. and al. (2017). Theoretical and applied bases of economic, ecological and technological functioning of energy objects. Kyiv, Ukraine: TOV «Nash format».*

2. V.O. Artemchuk, and A.V. Yatsyshyn, «Intelligent analysis of data in the system of monitoring of atmospheric air», *Modelyuvannya ta Informatyjni tehnologiyi: G.E.Pukhov's IMPPE NAS of Ukraine, Vol. 82, pp. 48-52, 2018.*

3. Яцишин А.В. Засоби інтелектуального аналізу та візуалізації геопросторових даних моніторингу стану атмосферного повітря / А.В. Яцишин, Ю.Г. Куцан, В.О. Артемчук, І.П. Каменева, О.О. Попов, В.О. Ковач // *Електронне моделювання. – 2019. - № 5(41) – С. 85-102. doi: 10.15407/emodel.41.05.085*

4. Яцишин А.В. Принципи та методи управління екологічною безпекою на основі інтелектуального аналізу даних мережі моніторингу атмосферного повітря / А.В. Яцишин, Ю.Г. Куцан, В.О. Артемчук, І.П. Каменева, О.О. Попов, В.О. Ковач // *Електронне моделювання. – 2019. - № 4(41) – С. 85-102. doi: 10.15407/emodel.41.04.085*

**Яцишин Андрій Васильович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
andic@ua.fm

**Попов Олександр Олександрович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
sasha.popov1982@gmail.com

**Артемчук Володимир Олександрович,**  
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук  
ak24avo@gmail.com

**Фаррахов Олександр Володимирович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук  
IGNS\_Farrakhov@nas.gov.ua

**Куценко Володимир Олександрович,**  
ДУ «ІГНС НАН України»,  
інж. 2-ої категорії  
kuts.vo@gmail.com

## **НОВІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІД ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

*Анотація.* Для вирішення проблеми забезпечення стабільної генерації електроенергії від відновлювальних джерел енергії авторами розроблено роторно-пневматичну поршневу машину та концепцію автономного енергокомплексу на її основі.

*Annotation.* To solve the problem of ensuring stable generation of electricity from renewable energy sources, the authors developed a rotary-pneumatic piston machine and the concept of an autonomous energy complex based on it.

Однією з проблем ефективного використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є нестабільна генерація електроенергії внаслідок природних

особливостей цих джерел. Тобто, розробка способу «вирівнювання» потужності та екологічно чистої енергетичної установки, здатної до автономної генерації є надзвичайно актуальним завданням.

На сьогоднішній день для вирішення зазначеної проблеми використовуються різні накопичувачі енергії, основними недоліками яких є великі габарити, маса, низька питома енергоємність, висока ціна, втрати при зберіганні і перетворенні, і обмежений термін експлуатації.

Авторами запропоновано нове технічне рішення для побудови більш ефективного пневматичного накопичувача на основі використання роторно-пневматичної поршневої машини (РППМ) (рис. 1). РППМ являє собою багатопоршкову парогазовакуумну установку, яка безпосередньо перетворює орбітальний рух поршнів в обертальний рух ротора, що дозволяє приводити дану конструкцію в дію від будь-яких джерел тиску або розрядження (або від того і іншого одночасно) при їх малих величинах, що робить її універсальною для застосування в різних областях. Розрахунки та результати експериментів показали її значні переваги перед аналогами [1].

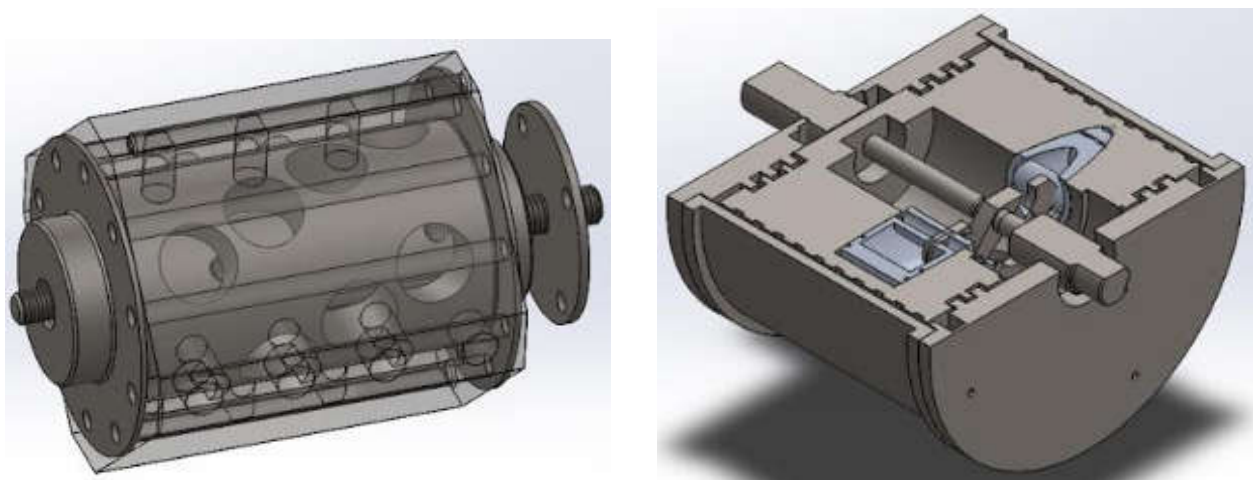


Рис. 1. Різні зображення 3D-моделі РППМ

На її основі можливе створення ефективної системи акумулювання та генерації енергії, яка дасть можливість забезпечити балансування потужності, і яка може використовуватися в ряді систем генерації, особливо в вітроенергетиці і гідроенергетиці (рис. 2). Вона накопичує енергію у вигляді стислого повітря і перетворює її в електричну енергію із заданою частотою і напругою [1].



Рис. 2. Структурна схема автономного електрогенеруючого комплексу на основі ВДЕ із застосуванням РППМ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яцишин А.В. Перспективи розробки та використання роторно-пневматичної поршневої машини в галузі відновлювальної енергетики / А.В. Яцишин, О.О. Попов, О.В. Фаррахов, В.О. Артемчук, В.О. Куценко // Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення”, (м. Харків, 9–13 вересня 2019 р.). – Харків : ПП «Стиль-Іздат», 2019. – С. 317–319.

УДК 504.06

**Яцишин Андрій Васильович,**  
 ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
 старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
 iatsyshyn.andriy@gmail.com

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ

*Анотація.* В роботі розглядається проблема впливу місць зберігання золошлакових відходів підприємств паливно-енергетичного комплексу України на навколишнє середовище. Показано, що шкідливі речовини, які входять до складу золошлаків, можуть мігрувати з поверхні золошлаковідвалу через повітряне і водне середовища та забруднювати приземний шар атмосфери,

грунт, підземні і поверхневі води районів, що розташовані на відстані до декількох кілометрів від накопичувача відходів.

*Annotation.* The problem of the influence of ash-slag wastes storage places of the fuel and energy complex enterprises of Ukraine on the environment is shown in the paper. It has been shown that harmful substances that are part of the ashes are able to migrate from the surface of the ash cloud through the air and water environment and to pollute the surface layer of the atmosphere, soil, underground and surface waters of the districts located up to several kilometers from the waste (dump) storage.

Об'єкти паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) України відносяться до потенційно-небезпечних джерел забруднення навколишнього природного середовища, оскільки створюють ризики для здоров'я населення, що проживає на прилеглих територіях. Відходи (золошлаки), що створюються після спалювання твердого палива попадають у золошлаковідвали, які у міру заповнення підлягають консервації або рекультивації і передачі в господарське користування.

В Україні щорічно накопичується 8 млн.т золошлакових відходів, що займають площу більше 22 тис. га. За даними [1] на території Ладизинської ТЕС (м. Ладизин, Вінницька обл.) щорічно утворюється близько 500 тис. т золошлаків і нині накопичилось біля 30 млн. т золошлакової суміші висотою 35 м і загальною площею 120 га. Варто зазначити також, що в країнах Європейського Союзу утилізується більше 92% таких відходів, в той час як в Україні ця кількість є значно нижчою – менше 10%.

На території золошлаковідвалів відбуваються процеси, що пов'язані з випаровуванням води з формуванням на території сухих ділянок із пиловими частинками золошлакових відходів під дією вітру та інфільтрацією води (освітленої або навіть частково неочищеної) і попадання розчинених форм токсичних компонентів золошлаків в ґрунтові води і водойми, що знаходяться за їх межами.

Проведені дослідження [2, 3, 4, 5] показують, що за хімічним складом

золошлакові відходи представляють собою складну суміш різних, переважно мінеральних, речовин, а їх вміст залежить від складу палива. Для об'єктів ПЕК України, що експлуатували та експлуатують вугільне паливо різних марок, концентрації компонентів у золошлакових відходах варіюються в певних межах, але майже в усіх випадках основними золошлакоутворюючими компонентами є кисневі сполуки кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію. Також до складу ряду шкідливих речовин-макрокомпонентів в золошлаках входить велика кількість мікроелементів, що відносяться до I-III класів небезпеки та природні радіонукліди, що утворюються при різних способах спалювання енергоносіїв.

На рисунку наведено схему взаємодії золошлаконакопичувачів із навколишнім природним середовищем [2].

Таким чином, золошлаковідвали ПЕК України, незважаючи на огорожену територію, є відкритими системами. Шкідливі речовини, що входять до складу золошлаків можуть мігрувати з поверхні золовідвалу через повітряне і водне середовища та забруднювати приземний шар атмосфери, ґрунт, підземні і поверхневі води районів, що розташовані на відстані до декількох кілометрів від накопичувача відходів. Поширюючись в подальшому за різними трофічними ланцюгами, токсичні речовини, що містяться в золошлакових відходах, можуть викликати деградацію біосистеми (рослинного і тваринного світу, гідробіонтів) та негативно впливати на здоров'я людини (через воду, повітря, їжу).



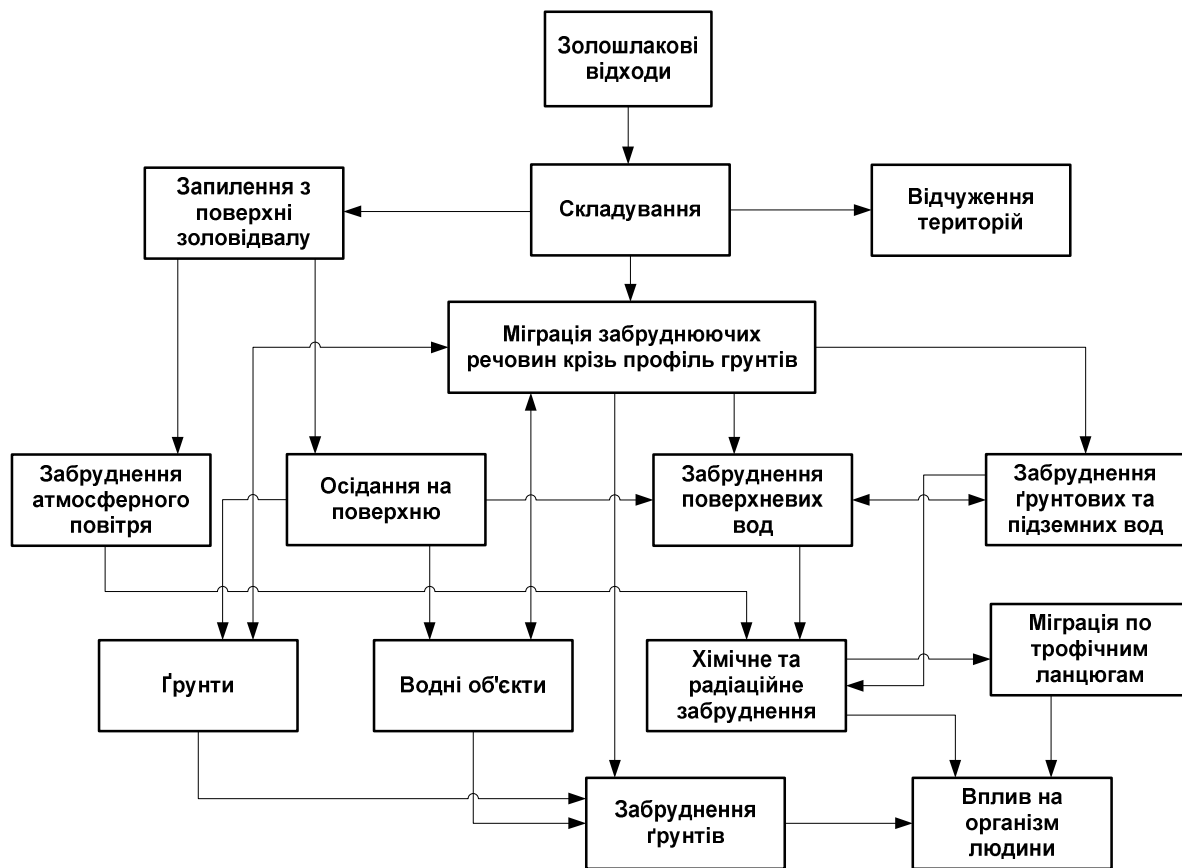


Рис. Схема впливу золошлакових відходів на довкілля

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Екологічна безпека та природоохоронні заходи на Ладжинській ТЕС.  
URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/12195>
2. Яцишин А.В., Матвєєва І.В., Ковач В.О., Артемчук В.О, Каменева І.П. Особливості впливу золовідвалів підприємств теплоенергетики на навколишнє середовище // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2018. № 2 (28). С. 57-68. doi: 10.5281/zenodo.2594489
3. М'якаєва Г.М. Моделювання техногенного впливу об'єктів теплоенергетики на гідросферу. Дис. кандидата технічних наук, Сумський державний університет. Суми. 2018.
4. Левченко А.Є., Ігнатенко М.І., Хоботова Е.Б. Забруднення важкими металами ґрунтів поблизу теплових електростанцій. URL:

<http://en.iee.kpi.ua/files/2013/%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%853.pdf>

5. Звіт. «Дослідження та гігієнічна оцінка виліву господарської діяльності Трипільської ТЕС, що входить до складу ПАТ «Центренерго», на забруднення навколишнього природного середовища та умови проживання населення територій Обухівського району Київської області. Київ. 2016. 38 с.

УДК 504.06:004.9

**Артемчук Володимир Олександрович**

*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., канд. техн. наук  
ak24avo@gmail.com*

**Кириленко Юрій Олександрович,**

*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
аспірант*

**Попов Олександр Олександрович,**

*ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,  
старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
sasha.popov1982@gmail.com*

**Яцишин Андрій Васильович,**

*ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
старш. наук. співроб., д-р техн. наук  
iatsyshyn.andriy@gmail.com*

## **РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕВІРКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ**

*Анотація.* Показано актуальність, мету, основні задачі та перспективи впровадження результатів проекту «Розробка математичних та програмних засобів перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень».

*Annotation.* The paper shows the relevance, purpose, main tasks and prospects of implementation of the results of the project «Development of mathematical and software tools for verifying the environmental effectiveness of management decisions».

В Україні проблема забруднення довкілля є дуже гострою. Так, за даними Державної служби статистики динаміка викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел протягом трьох останніх років демонструє, що у 2015 році обсяги викидів становили 2857 тис. т., у 2016 - 3078 тис. т., у 2017 р. - 2585 тис. т. Також про це свідчать і дані щодо забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Ці та інші обставини сприяють погіршенню стану навколишнього середовища в Україні, що дуже негативно відзначається на здоров'ї населення нашої країни. Так, в 2017 р. Всесвітня організація охорони здоров'я визнала, що в Україні найвищий в світі рівень смертності від забрудненого повітря.

Для виправлення даної ситуації в нашій країні проводяться різні заходи: Україна приєдналася до світової спільноти стосовно запобігання зміні клімату; прийнято ряд важливих законів та концепцій, серед яких за останні роки варто виділити: Закони України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. та «Про стратегічну екологічну оцінку» від 20.03.2018 р., «Концепцію реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 грудня 2016 р. № 932-р), «Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок» (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 року № 796-р.), Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року тощо.

Проте ціла низка проблем в галузі екологічної безпеки нашої країни (починаючи з відсутності належних інформаційних взаємозв'язків між дозвільними, контролюючими, звітними, моніторинговими та іншими інформаційними ресурсами через традиційно існуюче секторальне державне управління у сфері охорони навколишнього природного середовища,

раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, і закінчуючи наявністю значної кількості несистематизованої та непереведеної у цифровий формат інформації про стан довкілля на паперових носіях) не дозволяє на повну силу запрацювати даним нормативним актам [1]. Тому Міністерством екології та природних ресурсів України була розроблена Концепція створення Загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля».

Реалізація даної Концепції, серед всього іншого, передбачає закупівлю/розроблення та впровадження новітніх програмних інструментів аналізу інформації, моделювання, прогнозування та управління екологічними ризиками; здійснення стратегічної екологічної оцінки, оцінки впливу на довкілля, автоматизованого безперервного комплексного моніторингу стану довкілля; перевірки екологічної, економічної та соціальної ефективності прийняття управлінських рішень.

Серед цих напрямків найменш дослідженим в Україні є завдання перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень.

Найбільше інформації з даного питання можна знайти в ДСТУ ISO 14031:2016 «Екологічне управління. Оцінювання екологічної дієвості. Настанови», проте чіткого алгоритму чи математичного забезпечення в ньому немає, а тому розробка відповідних програмних засобів на його основі є неможливою. Існує ряд публікацій (здебільшого закордонних фахівців) щодо перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень, проте в них, як правило, екологічна ефективність розглядається лише через призму економічної, що дуже часто не відповідає дійсності.

Отже, розробка математичних та програмних засобів перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень є актуальним науковим завданням, що потребує вирішення.

Таким чином, метою проекту є розробка сучасного інструментарію перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень в контексті поліпшення стану навколишнього середовища.

Зміст роботи зводиться до вирішення наступних завдань: пошук, аналіз та систематизація нормативно-правової бази та сучасних наукових підходів щодо оцінки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень; розробка математичних засобів перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень; розробка та тестування програмних засобів перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень.

Загалом очікується, що розроблені математичні та програмні засоби перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень стануть основою для створення відповідного модулю Загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля» (концепцію створення якої схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 листопада 2018 р. № 825-р) та, в перспективі, інших інформаційних систем в галузі екологічної безпеки, що містять підсистему економічного і фінансового моделювання природоохоронної діяльності, прогнозування та підтримки прийняття управлінських рішень, розрахунків природоохоронного ефекту, можливої еколого-соціально-економічної вигоди.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Математичні та програмні засоби вирішення задач моніторингу атмосферного повітря техногенно-навантажених територій : монографія / В.О. Артемчук, І.П. Каменева, В.О. Ковач, О.О. Попов, А.В. Яцишин. – К. : ФОП Ямчинський, 2018. – 116 с.

## ЗМІСТ

<b>ПАНЕЛЬНІ ПРЕЗЕНТАЦІЇ.....</b>	<b>5</b>
<b>БОРУКАЄВ З.Х., ЄВДОКІМОВ В.А.</b>	
Про особливості впливу розподіленої генерації на кібербезпеку функціонування енергосистеми.....	5
<b>ВЕРЛАНЬ А.Ф.</b>	
Ненадёжность технических систем в проблеме их безопасности.....	6
<b>ВАСИЛЬЄВ О.В.</b>	
Аналіз наукових публікацій у секторі дослідження питань кібербезпеки в енергетиці.....	7
<b>ВАСИЛЬЄВ В.В., ЧЬОЧЬ В.В.</b>	
Порівняльний аналіз методу диференціальних перетворень Пухова та методу S-перетворень.....	8
<b>ГЕРАСИМОВ Р.П.</b>	
Аналіз нормативних документів щодо кібербезпеки в ядерній енергетиці України.....	9
<b>ГОДУН О.В.</b>	
Енергетична безпека як фактор стійкого розвитку ЯПЦ.....	9
<b>ГОНЧАР С.Ф.</b>	
Кіберзагрози використання сучасних інформаційних технологій в енергетиці	10
<b>ДАВИДЕНКО А.М., ПОЛІТУЧИЙ О.О.</b>	
Визначення типу контролера для побудови програмно-технічного комплексу керування технологічним процесом зневоднення бішофіту.....	11
<b>КРУК О.Н.</b>	
Эволюция понятийной базы систем управления информационной безопасностью.....	11
<b>ДЖИГУН О.М.</b>	
Алгоритми формування та ідентифікації параметрів мережі високовольтних ліній електропередачі в системах моделювання рівноважних станів енергоринків.....	12
<b>КАЗАКОВА Н.О.</b>	
Интерференция основных положений энергетической и кибернетической безопасности в правовом поле Украины.....	13
<b>КУЦАН Ю.Г., ПОДГУРЕНКО В.С., ТЕРЕХОВ В.Е.</b>	
Организация безопасности компьютеризованных систем управления технологическими процессами ветропарков Украины.....	14

КРАВЦОВ Г.О.	
Сильний штучний інтелект у контексті забезпечення кібербезпеки.....	16
КОМАРОВ М.Ю.	
Аналіз шкідливого програмного забезпечення, як кіберзброї для об'єктів критичної інфраструктури.....	17
МОХОР В.В.	
Цифровая безопасность энергетики: аспекты safety и security.....	17
НІКІТЧЕНКО В.В.	
Можливості створення і практичного існування глобальної уніфікованої комп'ютерної онтології, як передумови створення сильного штучного інтелекту.....	18
ОНИСКОВА А.В.	
Модель зрелості можливостей кібербезпеки в секторі електроенергетики.....	19
ОНИСЬКОВА А.В.	
Високоякісна підготовка фахівців – необхідна умова безпеки енергетики.	20
СИМАК Л.О.	
Методи аналізу електричних і електронних кіл і структур, що включають нетрадиційні елементи дробового порядку.....	20
ТКАЧЕНКО В.В.	
Основні аспекти кібербезпеки в smart grid системах.....	21
ПОТЕНКО О.С.	
Захист сайтів від хакерських атак за допомогою web application firewall.....	22
СУЛІМА О.А., КІСЛОВ В.М., ПОПОВА В.М.	
Огляд сучасних контролерів для побудови програмно-технічного комплексу керування.....	23
ШАБАН М.Р.	
Модель параметрів функціонального профілю захисту в комп'ютерних системах.....	24
ЧЕМЕРИС О.А., СИДОРЕЦЬ Ю.М.	
Використання блокчейн в системах електронного документообігу.....	25
ЮДІН О.Ю.	
Аналіз захищеності електроенергетичних мереж в постквантовий період.....	26
ЧЕМЕРИС О.А., УПІРОВ І.С., КРУК О.М., РЕЗНІКОВА С.О.	
Бізнес-логіка моделювання електричної мікро-мережі в блокчейн-інфраструктурі.....	27
ЦУРКАН О.В., КЛИМЕНКО Т.М.	
Аналіз вразливостей соціотехнічних систем на основі нечітких соціальних графів	28

<b>ЧЬОЧЬ В.В.</b>	
Методика проведення патентних та патентно-кон'юнктурних досліджень при виконанні науково-дослідних робіт у галузі енергетики.....	29
<b>ФУРТАТ Ю.О.</b>	
Адаптивний підхід до інформаційної взаємодії «користувач-система» як шлях до підвищення безпеки і надійності автоматизованих систем.....	29
<b>ГУРСЄВ В.В.</b>	
Контурна модель розрахунку режимів роботи електроенергетичних систем в комп'ютерних тренажерах.....	31
<b>ГУРСЄВ В.В., ЛИСЕНКО Є.М.</b>	
Система автоматизації розрахунків в комп'ютерних тренажерах персоналу магістральних електричних мереж ОЕС України.....	32
<b>ГУРСЄВ В.В., ЛИСЕНКО Є.М.</b>	
Автоматизація конструювання та принципи організації тренувальних занять в комп'ютерних тренажерах оперативно-диспетчерського персоналу.....	33
<b>ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ.....</b>	<b>35</b>
<b>АНФІМОВА Г.В.</b>	
Досвід створення системи метрологічного та технічного супроводу впроваджених засобів технічної діагностики енергетичного та енергоємного обладнання.....	35
<b>АНФІМОВА Г.В.</b>	
Актуальність і перспективи створення технічних засобів моніторингу сейсмічної активності в проблемних регіонах.....	36
<b>АНТОНІШИН М.В.</b>	
Технологія ssl-pinning.....	38
<b>АРТЕМЧУК В.О.</b>	
Розвиток теоретичних основ, методів та засобів проектування локальних та регіональних мереж моніторингу стану атмосферного повітря.....	41
<b>ВЛАДИМИРСЬКИЙ О.А.</b>	
Методологічний підхід до вирішення проблеми врахування багатохвильової структури акустичних сигналів у завданнях діагностування теплових мереж.....	43
<b>ВЛАДИМИРСЬКИЙ І.А.</b>	
Застосування мультипараметричних вимірювань у складі діагностичного зонда для обстеження теплових мереж.....	45
<b>ВЛАДИМИРСЬКИЙ І.А.</b>	
Узагальнення варіантів схем застосування кореляційного методу при пошуку витоків трубопроводів.....	46



ВЛАДИМИРСЬКИЙ О.А.	
Низькочастотна віброкалібрувальна установка на основі лінійного актуатора з зубчастим ременем і кроковим двигуном.....	48
ДАВИДЮК А.В.	
Визначення пріоритетів кіберзахисту об'єктів критичної інформаційної інфраструктури в енергетиці.....	49
ГІЛЬГУРТ С.Я.	
Реконфігуровні апаратні засоби інформаційного захисту цифрових підстанцій.....	52
ЄВДОКИМОВ В.Ф., КАЗАКОВА Н.О.	
Моделювання процесу відновлення зображень точково-подібних джерел по їх голограмним описам.....	55
ЗГУРОВЕЦЬ О.В., АРТЕМЧУК В.О.	
Екологічні аспекти впровадження в енергетичні системи потужних накопичувачів електричної енергії на базі акумуляторних батарей.....	58
КИРИЛЕНКО Ю.О., КАМЕНЕВА І.П., АРТЕМЧУК В.О., ПОПОВ О.О., ЯЦІШИН А.В.	
Аналіз та систематизація сучасних наукових підходів до оцінювання радіаційного впливу при аваріях із розливом рідких радіоактивних середовищ.....	60
КРИВОРУЧКО І.П.	
Розробка та порівняння варіантів конструкцій спеціалізованого пристосування для датчика з магнітним тримачем.....	63
КРИВОРУЧКО І.П.	
Аналіз варіантів реалізації бездротового зв'язку при створенні засобів технічної діагностики енергетичного обладнання.....	65
КАМЕНЕВА І.П.	
Когнітивні технології структуризації та інтеграції інформації в задачах енергетичної та екологічної безпеки.....	66
КОВАЛЕНКО О.Є.	
Елементи архітектури систем кібер-енергетики.....	69
КОВАЧ В.О., ЯЦІШИН А.В., КРАСНОВ Є.Б., ПУГАЧ О.В.	
Нова технологія ліквідації наслідків нафтових розливів у водному середовищі.....	71
МІСНІК О.І.	
Протидії кібератакам на інформаційну інфраструктуру.....	74
МОХОР В.В., ЦУРКАН В.В.	
Способи представлення системи управління інформаційною безпекою.....	76

ОГІР О.С. Нова комп'ютерна технологія формування УЗ зображень в голографічних системах візуалізації.....	78
ОГІР О.О. Розробка та дослідження алгоритмів, програм, апаратури відтворення акустичних зображень внутрішньої структури матеріалів та середовищ	81
САМОЙЛОВ В.Д., АБРАМОВИЧ Р.П. Розвиток імітаційно-технологічного методу конструювання комп'ютерних засобів підготовки персоналу.....	84
СТАНЦИНА В.В., АРТЕМЧУК В.О. Врахування екологічної складової у середній вартості теплової енергії за життєвий цикл.....	86
СУШКО С.В. Універсальні оптимізаційні методи програмного забезпечення.....	89
ПОПОВ О.О., КОВАЧ В.О., КУЦЕНКО В.О. Порівняльний аналіз існуючих підходів до формування мереж контролю якості атмосферного повітря.....	91
ШКАРУПИЛО В.В., ЄВДОКИМОВ В.Ф., ДУШЕБА В.В. Аспекти застосування методів перевірки на моделі при проектуванні систем критичного призначення.....	94
ЯЦИШИН А.В., АРТЕМЧУК В.О., КАМЕНЕВА І.П., ПОПОВ О.О., БУГАЙОВ О.П. Використання засобів інтелектуального аналізу даних мережі моніторингу атмосферного повітря в задачах управління екологічною безпекою урбанізованих територій.....	96
ЯЦИШИН А.В., ПОПОВ О.О., АРТЕМЧУК В.О., ФАРРАХОВ О.В., КУЦЕНКО В.О. Нові технічні рішення для забезпечення стабільної генерації електроенергії від відновлювальних джерел енергії.....	100
ЯЦИШИН А.В. Особливості впливу золошлакових відходів підприємств теплоенергетики на довкілля.....	102
АРТЕМЧУК В.О., КИРИЛЕНКО Ю.О., ПОПОВ О.О., ЯЦИШИН А.В. Розробка математичних та програмних засобів перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень.....	106

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
«БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИКИ В ЕПОХУ  
ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ»**

**ПРОГРАМА ТА МАТЕРІАЛИ**

**20 грудня 2019 року**

Відповідальні за випуск:

О.В. Цуркан, Т.М. Клименко

**Місце проведення:** Інститут проблем моделювання в енергетиці  
ім. Г. Є. Пухова НАН України; м. Київ, вул. Генерала Наумова, 15.

Їхати від станції метро «Академмістечко» автобусом № 97,  
№ 97к або марш. таксі № 497, № 200к, № 408, № 437 до зупинки  
«Інститут моделювання».

**З питаннями щодо конференції звертатися:**

ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, вул. Генерала Наумова, 15,  
кім. 303, Цуркан Оксана володимирівна, тел. 424-91-62,  
068-014-57-22, e-mail: [otsurkan24@gmail.com](mailto:otsurkan24@gmail.com)

---

Інститут проблем моделювання в енергетиці  
ім. Г. Є. Пухова НАН України,  
вул. Генерала Наумова, 15, Київ, 03164, Україна,  
тел.: +38 044 424 91 62, факс: +38 044 424 10 63  
веб сайт: <https://ipme.kiev.ua/>