

### Джерела та література

1. Успенський В. І., Сидоренко М. П. Смарт-мережі в енергетиці: можливості та перспективи // *Технічні науки: вчора, сьогодні, завтра: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.*, 14–16 трав. 2020 р. – Київ : Технопрес, 2020. – С. 34–37.
2. Ковальчук О. О. Техногенні загрози та їх вплив на енергетичну інфраструктуру України // *Безпека та ризики*. – 2021. – № 5. – С. 18–23.
3. Peterson J., Brown R. Blockchain-Based Energy Trading Models in Microgrids // *IEEE Transactions on Smart Grid*. – 2020. – Vol. 11, No. 2. – P. 1342–1351.
4. Zheng Z., Xie S., Dai H. та ін. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends // *Proceedings of the IEEE*. – 2018. – Vol. 108, No. 4. – P. 667–681.
5. Сергієнко М. В. Сучасні методи кіберзахисту енергосистем: виклики військових дій // *Інформаційна безпека та оборона*. – 2022. – № 2. – С. 42–47.

УДК 004.942:681.5:658.52:355.4

**Станько А., доктор філософії; Дідуник В. Зозуляк Б.; Микитишин А.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЯМИ ДОЗУВАННЯ ТА ЗМІШУВАННЯ ЯК ЗАСІБ ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ**

***Анотація.** У тезі розглянуто можливості використання автоматизованих систем керування лініями дозування та змішування компонентів як засобу зниження техногенних ризиків в умовах воєнних і гібридних загроз. Обґрунтовано, що поєднання ПЛК, SCADA-візуалізації, архівування параметрів і журналювання подій підвищує точність технологічного процесу, зменшує вплив людського фактора, покращує контроль аварійних режимів і забезпечує простежуваність роботи виробничої ділянки. Показано, що такі рішення доцільно розглядати як один із сучасних підходів до мінімізації локальних техногенних наслідків у кризових умовах.*

***Ключові слова:** автоматизована система керування, ПЛК, SCADA, дозування, змішування компонентів, техногенні ризики, воєнні загрози, промислова безпека.*

**Stanko A., Ph.D; Didunyk V.; Mykytyshyn A., Zozuliak B.**

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

### **AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR DOSING AND MIXING LINES AS A MEANS OF REDUCING TECHNOGENIC RISKS UNDER WARTIME THREATS**

***Abstract.** The paper considers the use of automated control systems for dosing and mixing lines as a tool for reducing technogenic risks under wartime and hybrid threats. It is substantiated that the integration of PLC-based control, SCADA visualization, parameter archiving and event logging improves process accuracy, reduces the human factor influence, enhances emergency control and provides traceability of technological operations. Such solutions should be treated not only as a means of improving production efficiency, but also as an important component of industrial resilience in crisis conditions.*

***Keywords:** automated control system, PLC, SCADA, dosing, mixing, technogenic risks, wartime threats, industrial safety.*

Сучасні воєнні конфлікти супроводжуються не лише прямими руйнуваннями об'єктів інфраструктури, а й підвищенням ризику вторинних техногенних наслідків для промислових підприємств, складських комплексів, систем енергозабезпечення та технологічних ліній. Особливої уваги потребують виробничі процеси, у яких здійснюються дозування, змішування, транспортування або зберігання компонентів, оскільки навіть локальне порушення керування може призвести до аварійного режиму, втрати сировини,

пошкодження обладнання або забруднення навколишнього середовища [4-5]. У цьому контексті автоматизація технологічних процесів набуває безпекового значення.

Для ліній дозування та змішування компонентів критичними є точність подавання складових, правильність переходів між технологічними стадіями, контроль стану виконавчих механізмів та своєчасне реагування на відхилення від нормального режиму. Застосування автоматизованої системи керування на базі програмованого логічного контролера дозволяє реалізувати послідовний алгоритм batch-процесу, забезпечити міжблокування, аварійну логіку та керування допоміжними режимами відповідно до принципів ISA-88 [1]. У свою чергу, інтеграція контролерного рівня з верхнім операторським рівнем відповідає підходам ISA-95 щодо поєднання виробничого контролю та інформаційної підтримки процесу [2].

У межах напрямку розроблення автоматизованої системи керування лінією дозування та змішування компонентів з архівуванням параметрів і SCADA-візуалізацією запропоновано підхід, що може бути інтерпретований як засіб зниження техногенної вразливості виробничої ділянки. Його основою є багаторівнева архітектура, у якій польовий рівень забезпечує збір сигналів від датчиків і реалізацію керуючих дій, ПЛК виконує алгоритм роботи лінії, а SCADA-рівень надає оператору узагальнену картину перебігу процесу, відображає попередження й аварії, а також накопичує архівні дані [1-2], [6].

Перевага такого підходу в умовах воєнних загроз полягає у тому, що система дозволяє мінімізувати залежність технологічного циклу від безпосереднього втручання оператора. У стандартних або частково автоматизованих схемах людський фактор значно впливає на точність дозування, своєчасність переходів між етапами та правильність реагування на нештатні стани. Натомість у запропонованому рішенні основна логіка виконання циклу зосереджена в ПЛК, а оператор виконує функції нагляду, підтвердження та коригування лише в межах дозволених режимів. Це особливо важливо за умов стресу, перевантаження персоналу або нестабільної роботи виробничого середовища [3], [6].

Ще одним важливим аспектом є архівування параметрів і журналювання подій. Для систем дозування та змішування така функція дозволяє фіксувати фактичні значення доз, часові характеристики стадій, режими роботи обладнання, зміну налаштувань, попередження та аварії. У кризових умовах це створює основу для післяаварійного аналізу, відновлення послідовності подій та уточнення причин виникнення небезпечної ситуації. Відтак SCADA-візуалізація та історичне збереження даних виконують не лише моніторингову, а й аналітичну та превентивну функцію [6].

Окреме значення має кіберстійкість автоматизованих систем керування. У сучасних умовах ризику для промислового об'єкта можуть бути пов'язані не тільки з фізичним ураженням, а й із порушенням мережевої взаємодії, несанкціонованим доступом або зміною параметрів процесу через цифрові канали [3]. Тому система керування лінією дозування та змішування повинна проектуватися за принципом розподілу відповідальності між рівнями: критична логіка має залишатися в ПЛК, тоді як SCADA повинна забезпечувати візуалізацію, архівування і передавання лише дозволених команд. Такий підхід підвищує загальну стійкість системи до зовнішніх збоїв та гібридних впливів.

Отже, автоматизовані системи керування лініями дозування та змішування компонентів доцільно розглядати не лише як інструмент підвищення виробничої ефективності, а і як важливий засіб мінімізації техногенних ризиків в умовах воєнних загроз. Поєднання ПЛК, SCADA, архівування параметрів і журналу подій сприяє підвищенню точності процесу, зменшенню ролі людського фактора, покращенню аварійного контролю та створенню інформаційної основи для подальшого аналізу і вдосконалення роботи виробничої ділянки. Саме тому розвиток таких систем є доцільним напрямом підвищення стійкості промислових об'єктів до кризових і надзвичайних ситуацій [4-6].

#### **Джерела та література**

1. ISA-88 Standards Committee. ISA-88 standards: batch control. URL: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-88-standards>

2. ISA-95 Standard. Enterprise-control system integration. URL: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-95-standard>
3. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. Industrial Control Systems. URL: <https://www.cisa.gov/topics/industrial-control-systems>
4. United Nations Environment Programme. The toxic legacy of the Ukraine war. URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/un-warns-toxic-environmental-legacy-ukraine-region>
5. United Nations Economic Commission for Europe. UNECE warns of high risks of industrial accidents in wartime in Ukraine. URL: <https://unece.org/media/Environment/news/370141>
6. Siemens AG. System overview: SCADA system SIMATIC WinCC Professional. URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:1f589ab9-4467-405d-b667-89a66a35e17f/df-fa-i10077-00-7600-ipdf-wincc-systemoverview-en.pdf>
7. OPC Foundation. OPC Unified Architecture specification. URL: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>

УДК 004.9

**Стопчак О.**

Хмельницький національний університет, Україна

### **КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА «БЕЗПІЛОТНЕ ТАКСІ»**

***Анотація.** У роботі розглянуто концепцію безпілотного таксі як складної кіберфізичної системи, де фізичні процеси руху інтегровані з цифровими алгоритмами аналізу даних у режимі реального часу. Запропоновано багаторівневу архітектуру системи, що включає рівні сенсорики (з використанням LiDAR, Radar, GNSS), сприйняття (алгоритми YOLO), локалізації, планування та керування. Описано механізм злиття даних (sensor fusion) для формування моделі середовища. Запропоноване рішення забезпечує баланс між точністю позиціонування, швидкістю та безпекою автономного руху в динамічному міському середовищі.*

***Ключові слова:** кіберфізична система, безпілотне таксі, багаторівнева архітектура, злиття даних, автономний рух.*

**Stopchak O.**

Khmelnyskyi National University, Ukraine

### **CYBER-PHYSICAL SYSTEM “UNMANNED TAXI”**

***Abstract.** The paper considers the concept of an unmanned taxi as a complex cyber-physical system, where physical motion processes are integrated with digital data analysis algorithms in real time. A multi-level system architecture is proposed, including the levels of sensor technology (using LiDAR, Radar, GNSS), perception (YOLO algorithms), localization, planning, and control. A sensor fusion mechanism is described for forming an environment model. The proposed solution provides a balance between positioning accuracy, speed, and safety of autonomous movement in a dynamic urban environment.*

***Keywords:** cyber-physical system, unmanned taxi, multi-level architecture, data fusion, autonomous movement.*

Безпілотне таксі є складною кіберфізичною системою, у якій фізичні процеси руху транспортного засобу безпосередньо залежать від цифрових алгоритмів аналізу сенсорних даних [1]. Основною особливістю такої системи є необхідність забезпечення роботи в режимі реального часу за умов динамічного міського середовища [2]. На відміну від індивідуальних автономних автомобілів, концепція безпілотного таксі передбачає інтеграцію транспортного засобу з інтелектуальною інфраструктурою, диспетчерськими сервісами, хмарними