

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Центральноукраїнський національний технічний університет**



***Матеріали***

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
В ПРОМИСЛОВOSTІ І СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

*Кропивницький, Україна, 10-11 листопада 2022 року*

***Proceedings***

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
CONFERENCE**

**AUTOMATION, COMPUTER-INTEGRATED  
TECHNOLOGIES AND PROBLEMS OF ENERGY  
EFFICIENCY IN INDUSTRY AND AGRICULTURE**



*Kropyvnytskyi, Ukraine, 10-11 November 2022*

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

***Матеріали***

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
В ПРОМИСЛОВОСТІ І СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ  
(АКІТ-2022)**

*Кропивницький, Україна, 10-11 листопада 2022*

***Proceedings***

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE**

**AUTOMATION, COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES  
AND PROBLEMS OF ENERGY EFFICIENCY IN INDUSTRY AND  
AGRICULTURE**

*Kropyvnytskyi, Ukraine, 10-11 November 2022*

**УДК 621+681**  
**ББК 34.751+32.965=31**

Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві (АКІТ-2022): Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2022. – 243 с.

Рекомендовано до друку рішенням науково-технічної ради ЦНТУ (протокол №10 від 24.11.2022).

В матеріалах конференції представлені дослідження вчених і науковців з проблем автоматизації керування складними багатовимірними об'єктами та процесами, інформаційні технології в задачах керування, розглянуті проблеми енергоефективності в електро- та теплотехнологічних системах, енергетичний менеджмент. Наведені результати досліджень, що пов'язані з автоматизацією на транспорті та у будівництві.

Даний збірник матеріалів конференції є виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень вчених, аспірантів, здобувачів – учасників Міжнародної науково-теоретичної конференції “Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві”, 10-11 листопада 2022 року.

Збірник розрахований на наукових працівників, викладачів, аспірантів, студентів ВНЗ, наукових і інженерно-технічних працівників науково-дослідних інститутів, конструкторських організацій і промислових підприємств.

Редакційна колегія: Кропівний В.М., канд. техн. наук, проф., Левченко О.М., докт. екон. наук, проф., Мацуй А.М., докт. техн. наук, проф., Кондратець В.О., докт. техн. наук, проф., Дідик О.К., канд. техн. наук, доц., Трушаков Д.В., канд. техн. наук, доц., Плешков П.Г., канд. техн. наук, проф., Клименко В.В., докт. техн. наук, проф., Аулін В.В., докт. техн. наук, проф., Пашинський В.А., докт. техн. наук, проф., Настоящий В.А., канд. техн. наук, проф., Магопєць С.О., канд. техн. наук, доц., Яцун В.В., канд. техн. наук, доц., Сіріков О.І., канд. техн. наук, доц., Лисенко С.В., канд. техн. наук, доц., Дарієнко В.В., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: Трушаков Д.В., канд. техн. наук, доц.

Адреса редакційної колегії: 25030, Кропивницький, пр. Університетський, 8,  
Центральноукраїнський національний технічний університет, тел.:  
(0522) 390-420.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.

**ISBN 978-617-7942-22-0**

© Центральноукраїнський національний технічний університет, 2022

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ № 1. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Віта Кравчук</i>                                                                                                                                                     | 10 |
| Застосування інформаційних технологій при дистанційній формі навчального процесу                                                                                        |    |
| <i>Maksym Grishyn</i>                                                                                                                                                   | 12 |
| Controlling the wear resistance of the heat exchange surface of a steam boiler of a TPP by controlling the quality of steam coal through the distribution of coal flows |    |
| <i>Ілля Карась, Анатолій Мацуї</i>                                                                                                                                      | 14 |
| Огляд використання мов програмування C, C++, C# та їх популярності запитів                                                                                              |    |
| <i>Ірина Єніна, доц., Ганна Чорноглазова</i>                                                                                                                            | 16 |
| Принципи побудови відмовостійких бортових обчислювальних систем літака                                                                                                  |    |
| <i>Єгор Ткаченко, Софія Олійник, Олена Данченко</i>                                                                                                                     | 18 |
| Управління стартапом з розробки мобільного додатку для обліку та аналізу                                                                                                |    |
| <i>Софія Олійник, Єгор Ткаченко, Юрій Триус</i>                                                                                                                         | 20 |
| Управління стартапом з розробки web-орієнтованої інформаційної системи для аналізу діяльності співробітників ІТ-компанії                                                |    |
| <i>Сергій Шимко, Роман Ткачук, Ярослав Шуліка</i>                                                                                                                       | 22 |
| Дослідження методів ройового інтелекту для управління безпілотними літальними апаратами                                                                                 |    |
| <i>Роман Жесан, Олена Голик, Руслан Жесан</i>                                                                                                                           | 24 |
| Способи орієнтації сонячних панелей домашньої сонячної електростанції, що працює за «зеленим тарифом»                                                                   |    |
| <i>Єлизавета Мелешко, Ганна Дреєва, Володимир Міхав</i>                                                                                                                 | 26 |
| Програмна імітаційна модель комп'ютерної мережі для тестування алгоритмів маршрутизації трафіку                                                                         |    |
| <i>Ганна Дреєва</i>                                                                                                                                                     | 28 |
| Метод маршрутизації на основі прогнозування завантаженості вузлів комп'ютерної мережі шляхом визначення фрактальної розмірності трафіку                                 |    |
| <i>Олександр Шепель, Анатолій Мацуї</i>                                                                                                                                 | 29 |
| Автоматизація процесу визначення місця пошкодження при однофазному замиканні на землю                                                                                   |    |
| <i>Валерій Зозуля</i>                                                                                                                                                   | 31 |
| Розробка системи контролю переміщення центру мас робочої поверхні платформи Стюарта                                                                                     |    |
| <i>Олександр Майданик, Анатолій Мацуї, Єлизавета Мелешко</i>                                                                                                            | 33 |
| Дослідження альтернативних методів навігації дронів                                                                                                                     |    |
| <i>Валентин Калиновський, Єлизавета Мелешко</i>                                                                                                                         | 36 |
| Дослідження основоположних методів побудови графічних інтерфейсів користувача у різних середовищах розробки та їх порівняння                                            |    |
| <i>Анна Мельник, бакалаврант, Даниїл Берестенко</i>                                                                                                                     | 41 |
| Дослідження методів машинного навчання                                                                                                                                  |    |
| <i>Віталій Кривохижа, Єлизавета Мелешко</i>                                                                                                                             | 43 |
| Гнучкі методології розробки програмного забезпечення в управлінні ІТ-проектами                                                                                          |    |
| <i>Варченко Інна, Єлизавета Мелешко</i>                                                                                                                                 | 45 |
| Дослідження можливостей мови Python для створення комп'ютерних ігор                                                                                                     |    |
| <i>Ігор Сененький, Дмитро Трушаков, Маріанна Федотова</i>                                                                                                               | 48 |
| Розробка креслярського автомату з мікропроцесорним керуванням                                                                                                           |    |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Олена Голик, Роман Жесан, Ілля Бабоша</i>                                                                   | 50 |
| Визначення кількості сонячних панелей та акумуляторних батарей для автоматичного резервного енергозабезпечення |    |
| <i>Андрій Бокій, Анатолій Мацуї, Юрій Пархоменко</i>                                                           | 52 |
| Обґрунтування використання променевих перетворювачів при ідентифікації зернового потоку                        |    |
| <i>Василь Кондратець, Анатолій Мацуї</i>                                                                       | 54 |
| Оптимізація енерго- та матеріаловитрат у кульових млинах при подрібненні руд                                   |    |
| <i>Назаркевич Ганна, Іван Цмоць, Марія Назаркевич</i>                                                          | 56 |
| Дослідження управління інноваційними підприємствами методами аналізу даних                                     |    |
| <i>Nazar Oleksiv, Oleksandr Tymchenko, Mariia Nazarkevych,</i>                                                 | 59 |
| Automation of retinal biometric data protection system processes                                               |    |
| <i>Oleh Faizulin, Oleksandr Tymchenko</i>                                                                      | 61 |
| Automation of testing of distributed information systems in the cloud environment                              |    |
| <i>Oleksandr Didyk, Oleksandr Serbul</i>                                                                       | 63 |
| The system of automatic regulation of the loading of the thresher of the grain harvester                       |    |
| <i>Іван Рибак, Дмитро Трушаков</i>                                                                             | 65 |
| Перетворювач частот для регулювання подачі води у систему водопостачання                                       |    |
| <i>Василь Кондратець, Олександр Сербул, Олександр Дідик, Олесь Ізовіта</i>                                     | 67 |
| Підвищення точності ідентифікації моделей складних систем                                                      |    |
| <i>Ірина Березюк, Валентина Зубенко</i>                                                                        | 69 |
| Визначення граничних рубежів якості системи стабілізації потужності різання для деревообробного верстата       |    |
| <i>Вадим Ложечніков, Єлизавета Ложечнікова</i>                                                                 | 71 |
| Визначення можливості спалювання горючих штучних газів для опалення медичних установ                           |    |
| <i>Максим Мосольд, Єлизавета Мелешко, Микола Якименко, Дмитро Бащенко</i>                                      | 73 |
| Програмне імітаційне моделювання епідемій                                                                      |    |
| <i>Максим Рисований, Єлизавета Мелешко</i>                                                                     | 75 |
| Переваги та недоліки розробки ігор та програмного забезпечення на рушії Unity                                  |    |

## СЕКЦІЯ №2. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В ПРОМИСЛОВOSTІ ТА СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Петро Плешков, Світлана Дубенко, Павло Волкорєзов</i>                                                                     | 76 |
| Засоби підвищення якості електроенергії в розподільчих електричних мережах                                                   |    |
| <i>Петро Плешков, Сергій Плешков, Світлана Дубенко, Ірина Іщенко</i>                                                         | 78 |
| Маркетинг електроспоживання підстанцій 330/150/35 кВ на основі АСКОВЕ                                                        |    |
| <i>Петро Плешков, Сергій Плешков, Світлана Дубенко, Наталія Кириленко</i>                                                    | 80 |
| Моніторинг та контроль електроспоживання комунально-побутових споживачів                                                     |    |
| <i>Петро Плешков, Сергій Плешков, Світлана Дубенко, Микола Ганін</i>                                                         | 82 |
| Оптимальні методи діагностики на основі функціонального і тестового контролю пристроїв релейного захисту                     |    |
| <i>Петро Плешков, Світлана Дубенко, Андрій Бровченко</i>                                                                     | 84 |
| Підвищення енергетичної ефективності для комунальної сфери на основі використання тиристорних перетворювачів електроприводів |    |
| <i>Андрій Котиш, Олександр Запарій, Микола Скворцов</i>                                                                      | 86 |
| Аналіз методів визначення місця короткого замикання в електричних мережах номінальною напругою 110-150 кВ.                   |    |
| <i>Андрій Котиш, Андрій Смолянцев, Сергій Книш, Олена Стеценко</i>                                                           | 88 |
| Вплив сучасних ГЕС на стан енергоринку України                                                                               |    |

|                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Сергій Барбанов, Сергій Серебренніков, Іван Савеленко</i>                                                                                                                 | 90  |
| Дослідження втрат в електроустаткуванні й мережах високовольтної трансформаторної підстанції та шляхів підвищення ефективності енерговикористання                            |     |
| <i>Вадим Котляр, Владислав Михайловський, Володимир Бондаренко, Сергій Серебренніков</i>                                                                                     | 92  |
| Дослідження системи вихорострумowego контролю силових трансформаторів високовольтної підстанції                                                                              |     |
| <i>Богдан Серебренніков, Олександр Іванов</i>                                                                                                                                | 94  |
| Маркетинговий метод управління попитом на електричну енергію                                                                                                                 |     |
| <i>Богдан Гуділін, Олександр Сіріков</i>                                                                                                                                     | 96  |
| Шляхи енергозбереження в насосних і вентиляційних установках                                                                                                                 |     |
| <i>Костянтин Гурін, Олександр Сіріков</i>                                                                                                                                    | 98  |
| Вплив напруги живлення на втрати активної потужності в асинхронних електродвигунах                                                                                           |     |
| <i>Дмитро Кучеренко, Олександр Сіріков</i>                                                                                                                                   | 100 |
| Проблеми компенсації реактивної потужності в електричних мережах з нелінійним навантаженням                                                                                  |     |
| <i>Микола Шаповал, Віктор Вірченко, Анатолій Криворот, Максим Скорик</i>                                                                                                     | 101 |
| Вплив конструктивних рішень компенсаторів на енергоефективність роботи розчинонасоса                                                                                         |     |
| <i>Катерина Петрова, Ігор Заєць, Ярослав Москаленко, Ігор Муравський</i>                                                                                                     | 104 |
| Дослідження методів підвищення рівня ефективності режимів роботи електричного обладнання розподільчих мереж                                                                  |     |
| <i>Катерина Петрова, Роман Рудюк</i>                                                                                                                                         | 107 |
| Дослідження можливостей опалювальних систем для підвищення рівня теплової ефективності будівель                                                                              |     |
| <i>Ігор Переверзєв, Тетяна Величко, Костянтин Зяцьковський</i>                                                                                                               | 109 |
| Дослідження робочих режимів дальньої електропередачі надвисокої напруги                                                                                                      |     |
| <i>Ігор Переверзєв, Олександр Бабоша</i>                                                                                                                                     | 111 |
| Аналіз сучасних методів розрахунку втрат електроенергії в енергосистемах України                                                                                             |     |
| <i>Любов Тонконоженко, Валентин Ткаченко</i>                                                                                                                                 | 113 |
| Дослідження управління споживання електроенергії гуртожитками університету за рахунок прогнозування часових рядів методом регресійного аналізу та методом головних компонент |     |
| <i>Олександр Самойлик, Валентин Ткаченко, Дмитро Строкань</i>                                                                                                                | 115 |
| Підвищення ефективності визначення топології можливого технологічного об'єднання електричних мереж з елементами розподіленої генерації                                       |     |
| <i>Дмитро Синицький, Валентин Ткаченко</i>                                                                                                                                   | 117 |
| Дослідження стану міських електричних мереж та обґрунтування вибору підвищення номінальної напруги в них                                                                     |     |
| <i>Олександр Козловський, Сергій Циганенко</i>                                                                                                                               | 119 |
| Особливості теплових режимів електрошаф багато-шпіндельних каменеобробних фрезерних верстатів                                                                                |     |
| <i>Олександр Козловський, Анатолій Орлович, Денис Квітов</i>                                                                                                                 | 120 |
| Шляхи підвищення експлуатаційної надійності ізоляції повітряних ліній 6-10 кВ                                                                                                |     |
| <i>Денис Леонтєв, Владислав Олійник, Василь Зінзура</i>                                                                                                                      | 121 |
| Математична модель нечіткої системи автоматичного керування рівнем напруги в розподільних електричних мережах                                                                |     |
| <i>Олександр Коптєв, Лариса Віхрова</i>                                                                                                                                      | 123 |
| Нечітка система керування генерацією активної потужності в розподільних                                                                                                      |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії<br><i>Денис Касьяненко, Олександр Гуртовий, Василь Зінзура</i>                                                                                                                                                              | 125 |
| Система автоматичного керування рівнем показників якості електроенергії в розподільних електричних мережах<br><i>Артем Саченко, Сергій Плешков, Василь Зінзура</i>                                                                                                                 | 127 |
| Задача керування режимами розподільних електричних мереж з сонячними електростанціями при несиметричному навантаженні<br><i>Руслан Телюта, Денис Лехенко, Анна Телюта</i>                                                                                                          | 130 |
| Енергоефективне використання електротепло-акумуляційної системи опалення<br><i>Руслан Телюта, Марина Слободян</i>                                                                                                                                                                  | 131 |
| Можливість використання БЛА для моніторингу елементів повітряних ліній електропередачі<br><i>Василь Клименко, Руслан Телюта, Сергій Колгін</i>                                                                                                                                     | 132 |
| Застосування когенераційної технології в системі енергопостачання свиногокомплексів<br><i>Ірина Пташник, Наталія Гарасьова</i>                                                                                                                                                     | 133 |
| Моделювання системи керування швидкістю руху конвеєрної стрічки у функції навантаження<br><i>Іван Савеленко, Євгеній Мирченко, Сергій Книш</i>                                                                                                                                     | 134 |
| Дослідження енергоефективності систем освітлення з використанням джерел альтернативної енергії<br><i>Василь Клименко, Іван Савеленко, Артем Коваленко</i>                                                                                                                          | 136 |
| Аналіз енергоефективності роботи освітлювальних установок зовнішнього використання<br><i>Іван Савеленко, Єльвіра Атакова, Олена Стеценко</i>                                                                                                                                       | 137 |
| Оцінка енергоефективності світлодіодних ламп<br><i>Сергій Плешков, Олександр Дубовий</i>                                                                                                                                                                                           | 139 |
| Оптимізація систем електропостачання на базі сонячних фотоелектричних установок<br><i>Владислав Любімов, Дятлов Владислав, Валентин Солдатенко</i>                                                                                                                                 | 141 |
| Підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції<br><i>Олександр Гармаш, Володимир Одарченко, Валентин Солдатенко</i>                                                                                                    | 143 |
| Автоматичне керування режимом потужності в електричних мережах за умов несиметрії напруги<br><i>Serhii Vynohradskiy, Danylo Orshlett, Valentyn Soldatenko</i>                                                                                                                      | 145 |
| Increasing the efficiency of energy supply based on a hybrid installation using a solar installation<br><i>Володимир Нерубацький, Едвін Геворкян, Ганна Комарова, Денис Гордієнко</i>                                                                                              | 147 |
| Удосконалення технології отримання пінокерамічних фільтруючих матеріалів з урахуванням оцінювання енергоефективності під час використання високотемпературних печей в умовах багатоповерхового виробництва<br><i>Vasyl Klymenko, Vadym Vorobey, Paul Koltun, Viktor Martynenko</i> | 149 |
| Analysis of directions of technological application of gas hydrates<br><i>Валентина Зубенко, Ірина Березюк</i>                                                                                                                                                                     | 151 |
| Шляхи оптимізації енергоспоживання при сушці деревини та пиломатеріалів<br><i>Василь Клименко, Олександр Скрипник, Дар'я Скрипник, Сергій Овецький, Олександр Наливайко</i>                                                                                                        | 153 |
| Застосування газогідратів для видобування сірководню з Чорного моря<br><i>Андрій Сазанський, Михайло Хмельнюк</i>                                                                                                                                                                  | 155 |
| Підвищення екологоенергоефективності холодильної установки                                                                                                                                                                                                                         |     |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Наталія Жихарєва</i>                                                                     | 158 |
| Ефективність використання роторного осушення повітря в промисловості                        |     |
| <i>Володимир Лабай, Ганна Клименко, Микола Генсецький</i>                                   | 160 |
| Універсальна залежність для визначення ексергетичного ККД теплової помпи split-кондиціонера |     |

### *СЕКЦІЯ №3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ*

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Анатолій Рутковский, Сергій Маркович, Сергій Михайлюта</i>                                                          | 163 |
| Автоматизація технологічного процесу вакуумного азотування поршнів в пульсуючому пучку плазми                          |     |
| <i>Ihor Zakutynskyi</i>                                                                                                | 166 |
| Neural networks for road accident predictions and analysis                                                             |     |
| <i>Ігор Арутюнян, Михайло Красота</i>                                                                                  | 169 |
| Аналіз типових несправностей гальмівних пневматичних систем автомобілів                                                |     |
| <i>Ярослав Денисенко, Михайло Красота, Руслан Осін</i>                                                                 | 170 |
| Аналіз радіочастотної ідентифікації об'єктів на транспорті                                                             |     |
| <i>Владислав Іващенко, Руслан Осін, Михайло Красота</i>                                                                | 172 |
| Методи діагностування систем живлення дизельних двигунів                                                               |     |
| <i>Дмитро Костюк, Руслан Осін, Михайло Красота</i>                                                                     | 174 |
| Зміцнення поверхонь алюмінієвих деталей мікродуговим оксидуванням                                                      |     |
| <i>Ярослав Стародумов, Михайло Красота, Руслан Осін</i>                                                                | 176 |
| Огляд методів ідентифікації об'єктів на транспорті                                                                     |     |
| <i>Олександр Чернобай, Михайло Красота</i>                                                                             | 178 |
| Аналіз технологій та матеріалів для захисту поршнів автомобільних ДВЗ                                                  |     |
| <i>Олег Шарата, Михайло Красота, Руслан Осін</i>                                                                       | 180 |
| Діагностичні функції системи керування двигуном автомобіля                                                             |     |
| <i>Viktor Aulin, Andriy Hryniv, Serhii Lysenko</i>                                                                     | 182 |
| The effectiveness of the cyber-physical system of maintenance and repair of mobile equipment with forecasting elements |     |
| <i>Volodymyr Nerubatskyi, Denys Hordiienko</i>                                                                         | 184 |
| Analysis of modern technological possibilities for information transmission in railway rolling stock                   |     |

### *СЕКЦІЯ №4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА НАДІЙНІСТЬ В БУДІВНИЦТВІ*

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Віктор Корсун, Юрій Журавльов</i>                                                                                                 | 186 |
| Автоматизований моніторинг та управління температурними режимами при виготовленні монолітних бетонних конструкцій                    |     |
| <i>Єгор Манько, Алтан Бехір Баран, Анна Жарова, Микола Пашинський</i>                                                                | 189 |
| Аналіз впливу географічної висоти над рівнем моря на снігове навантаження на будівлі                                                 |     |
| <i>Іван Чернега, Тетяна Прищенок, Віктор Дарієнко, Іван Скриннік</i>                                                                 | 191 |
| Аналіз можливостей програмного комплексу ANSYS для визначення резервів несучої здатності при наявності дефектів внаслідок дії пожежі |     |
| <i>Олександр Головань, Богдан Торохтій, Станіслав Джирма</i>                                                                         | 192 |
| Аналіз розташування віконних блоків по товщині стін існуючих житлових серійних будинків в м. Кропивницький                           |     |

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Володимир Яцун, Микола Пашинський, Дмитро Майборода</i>                                                                                                             | 195 |
| Архітектура і САПР: особливості комп'ютерного моделювання будівель                                                                                                     |     |
| <i>Дмитро Гай-Воронський, Анатолій Тесленко, Олексій Ковальов, Владислав Настоящий</i>                                                                                 | 198 |
| Досвід використання сучасних програмних комплексів при виконанні магістерських кваліфікаційних робіт                                                                   |     |
| <i>Володимир Яцун, Ольга Горпиченко, Максим Босенко</i>                                                                                                                | 201 |
| Досвід комп'ютерного моделювання вознесенського собору у м. Бобринець Кіровоградської області                                                                          |     |
| <i>Людмила Юрец, Андрій Біліченко, Ірина Будюк, Іван Скриннік</i>                                                                                                      | 203 |
| Дослідження впливу гранулометричного складу на фізико-механічні властивості лесових ґрунтів                                                                            |     |
| <i>Олена Костюкова, Валентина Радіч, Андрій Тихий</i>                                                                                                                  | 206 |
| Дослідження ефективності використання активованого газобетону в монолітному будівництві                                                                                |     |
| <i>Максим Литовка, Павло Дементьєв, Вадим Булуй</i>                                                                                                                    | 208 |
| Дослідження міцності залізобетонних плит, посилені поперечною арматурою, на продавлювання                                                                              |     |
| <i>Євген Щорба, Andrii Karpushyn</i>                                                                                                                                   | 209 |
| Дослідження показників морозостійкості штукатурного розчину для опорядження фасадів                                                                                    |     |
| <i>Інна Заворуєва, Єгор Кочергін, Станіслав Джирма</i>                                                                                                                 | 211 |
| Дослідження технології зведення монолітних каркасних будинків за допомогою різних типів опалубки                                                                       |     |
| <i>Максим Львов, Юрій Берестенко, Зоя Аносова</i>                                                                                                                      | 214 |
| Закономірності взаємодії основи з комбінованим підсиленням стрічковим фундаментом                                                                                      |     |
| <i>Сергій Карпушин, Володимир Пантелеєнко, Андрій Червоноштан, Андрій Карпушин</i>                                                                                     | 216 |
| Застосування вім-технологій для уточненого врахування навантажень від самонесучих міжквартирних перегородок в сучасних багатоповерхових будинках з підземним паркінгом |     |
| <i>Сергій Неділько, Віталій Новіков</i>                                                                                                                                | 220 |
| Зниження витрат сталі на центрально стиснуті стержні у результаті збільшення їх граничної гнучкості                                                                    |     |
| <i>Микола Нестеренко, Олександр Орисенко, Денис Сідан, Артем Шокало</i>                                                                                                | 223 |
| Лабораторний будівельний 3D принтер                                                                                                                                    |     |
| <i>Александр Самойленко, Геннадій Портнов</i>                                                                                                                          | 225 |
| 3D модель стенду для дослідження листового скла                                                                                                                        |     |
| <i>Олександр Остапенко, Дмитро Демідкін, Владислав Носик</i>                                                                                                           | 227 |
| Неруйнівний контроль міцності ніздрюватого бетону методом відриву анкера                                                                                               |     |
| <i>Ірина Бугайова, Діана Щербина, Maria Godlevska</i>                                                                                                                  | 229 |
| Оцінювання впливу метеорологічних умов на можливість виконання будівельних робіт                                                                                       |     |
| <i>Дмитро Губа, Богдан Прозоров, Зоя Аносова</i>                                                                                                                       | 233 |
| Підсилення фундаментів та покращення властивостей ґрунтової основи ін'єкційними засобами                                                                               |     |
| <i>Олександр Іванченко, Ольга Черненко, Микола Шрам, Сергій Хачатурян</i>                                                                                              | 235 |
| Посилення залізобетонних конструкцій композитними матеріалами                                                                                                          |     |
| <i>Микола Пороло, Андрій Таран</i>                                                                                                                                     | 236 |
| Прискорення процесу підвищення міцності та інтенсифікації твердіння монолітного бетону                                                                                 |     |

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Віталій Мінгальов, Сергій Хачатурян</i>                                                                                                                        | 238 |
| Прокладання інженерних комунікацій безтраншейним способом                                                                                                         |     |
| <i>Владислав Коваленко, Юлія Щур, Іван Скриннік, Віктор Дарієнко</i>                                                                                              | 240 |
| Чисельне моделювання і економічне порівняння варіантів збірною та монолітного перекриття                                                                          |     |
| <i>Юлія Щур, Віктор Дарієнко, Іван Скриннік, Геннадій Портнов</i>                                                                                                 | 242 |
| Аналіз причин утворення дефектів і пошкоджень будівлі газифікованої котельні та пропозиції щодо усунення чи запобігання подальшому розвитку дефектів і пошкоджень |     |

**Кравчук Віта**, старший викладач кафедри Льотної експлуатації та безпеки польотів  
*Льотна академія Національного авіаційного університету України*  
email: leonvita@ukr.net

## Застосування інформаційних технологій при дистанційній формі навчального процесу

На сьогодні дистанційна форма навчання стала досить актуальною та набула великої популярності в освітніх закладах України. Тому є нагальна причина – пандемія та воєнний стан. Але, я гадаю, що у сучасному світі, і раніше вже виникла необхідність у дистанційному навчанні, через брак часу сучасної людини, та економічну складову навчального процесу.

Також популярність цієї форми навчання спричинена і зручністю організації освітнього процесу.

Розвиток технологій передавання інформації призвів і до змін в організації освітнього процесу в питаннях форми передавання освітньої інформації.

При дистанційній формі навчання, сприйняття інформації відбувається в основному через екрани цифрових пристроїв, моніторів персональних комп'ютерів.

У зв'язку з цим перед викладачами постає необхідність уміти використовувати переваги цифрових технологій для навчання і мінімізувати їх негативний вплив на процес засвоєння інформації слухачами (курсантами, студентами).

Останнім часом, здебільшого використовується змішаний тип навчання, який складається з: навчання в аудиторіях; дистанційного навчання та інтернет-навчання.

Дистанційне та інтернет-навчання є зручним і дешевим як для організаторів такого виду навчального процесу, так і для тих хто навчається.

Для слухачів такий вид навчання дає багато переваг, як, наприклад:

- Навчання без відриву від виробництва, від сім'ї, від звичних побутових умов;
- Навчання без прив'язки до місця, незалежно від місця проживання, від необхідності використання транспорту, а це значна економія часу;
- Можливість обирати для себе сприятливий режим навчання (якщо не було можливості бути присутнім на прямому включенні лектора з аудиторією) за матеріалами, які надаються до навчання;
- Незалежність від необхідності бути присутнім в аудиторії та своїми потребами.

Але, такий вид навчання має і ряд недоліків, а саме:

- Відсутній прямий особистий контакт між викладачем та слухачем, та між самими слухачами;
- Використання інформаційних програмних засобів є досить складним, та не всі викладачі і слухачі володіють комп'ютерною грамотністю та вміють використовувати переваги такого виду навчання, тому частина слухачів або не зможе належно засвоїти необхідний матеріал, або через складність, просто проігнорує цю частину інформації;
- Не кожен слухач має необхідну комп'ютерну техніку та постійний безперебійний вихід в Інтернет, необхідну його швидкість та якість;
- Послаблюється мотивація слухачів до навчально-пізнавальної діяльності через зменшення можливості контролю за навчальним процесом з боку викладача;
- Значно збільшується навантаження на викладачів та слухачів через недостатні навички самостійної роботи та послаблення мотивації до навчального процесу;
- Ускладнюється оцінка знань та умінь слухача, перевірка контрольних завдань, тестових матеріалів через ймовірність присутності іншої особи під час контролю знань;
- Є обмеження у проведенні деяких форм навчання, наприклад для практичної або лабораторної роботи;

- Є постійна ймовірність відволікання слухача від освітнього процесу та розсіювання його уваги через неочікувані перешкоди, інші пристрої, засоби зв'язку;
- Концентрація уваги не на об'єкті навчання, а на засобі його подачі, на якості технічного забезпечення та передачі матеріалу.

З урахуванням необхідності дистанційного навчання в Україні прийнято ряд нормативних актів, які законодавчо забезпечують цей вид навчання:

- Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки, схвалена Розпорядженням КМУ від 23 лютого 2022 року №286-р.
- Закон про вищу освіту, прийнятий 01.06. 2014 № 1556-VII.
- Положення про дистанційне навчання затверджено наказом Міністерства освіти і науки України 25.04.2013 № 466, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 30 квітня 2013 р. за № 703/23235.
- Вимоги до вищих навчальних закладів та закладів післядипломної освіти, наукових, освітньо-наукових установ, що надають освітні послуги за дистанційною формою навчання з підготовки та підвищення кваліфікації фахівців за акредитованими напрямками і спеціальностями затверджено наказ Міністерства освіти і науки України 30.10.2013 № 1518 зареєстровано в Міністерстві юстиції України 31 жовтня 2013 р. за № 1857/24389.

Організація освітнього процесу під час дистанційного навчання здійснюється з дотриманням вимог законодавства про освіту, захист персональних даних, а також санітарних правил і норм (щодо формування розкладу навчальних занять, рухової активності (фізкультхвилинок). Отримання навчальних матеріалів, спілкування між суб'єктами дистанційного навчання під час навчальних занять, що проводяться дистанційно, забезпечується передачею відео-, аудіо-, графічної та текстової інформації у синхронному або асинхронному режимі.

Слухачі повинні мати змогу спілкуватись з викладачем у синхронному режимі. Найкраще це здійснювати за допомогою відеотрансляцій. Наприклад, це можна робити через прямий ефір у закритій групі у Facebook. У Google Classroom теж є інструмент для трансляцій - Hangout, який автоматично опублікує передачу програми на каналі YouTube, а слухачі в реальному часі зможуть її коментувати. Можна використати й інші платформи: Google Meet, MS Teams, Zoom, BigBlueButton. У Положенні про дистанційну форму здобуття освіти педагогічним працівникам пропонується самостійно визначати синхронний або асинхронний режим для проведення навчальних занять. При цьому не менше ніж 50 відсотків навчального часу, передбаченого освітньою програмою закладу освіти, має забезпечуватися в синхронному режимі. Синхронний режим вимагає відповідного технічного забезпечення як у викладача, так і у всіх слухачів. Залишається ризик технічних збоїв під час виконання окремими слухачами завдання, тому слід всі синхронні заходи записувати у відеофайли і зберігати. Асинхронний режим є більш гнучким у застосуванні, оскільки слухачі можуть виконувати завдання у зручний час, проте він менш об'єктивний. Для зменшення ризиків необ'єктивного оцінювання варто налаштувати опцію проходження тесту один раз та обмежити час на виконання завдання, встановити термін для здачі тесту (контрольної, практичної або самостійної роботи тощо), повідомляти результати (у разі неавтоматизованої перевірки робіт) індивідуально після здачі робіт всіма слухачами. За необхідності викладач може провести додаткове усне опитування за допомогою одного із засобів телефонного або відеозв'язку.

#### Список використаних джерел

1. Биков В.Ю. Електронна педагогіка та сучасні інструменти відкритої освіти [Електронний ресурс] – URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11083953.pdf>
2. Дистанційне та змішане навчання в школі. Путівник / Упоряд. Воротникова І.П. К.: Київ. ун-т ім. Б.Грінченка. 2020. 48 с.
3. Кухаренко В.М. Теорія та практика змішаного навчання: монографія. Харків: КП «Міськдрук», 2016. 284 с. URL: <https://qrqo.page.link/vWJsb>.

**Maksym Grishyn**, postgraduate student, **Konstantin Beglov**, Assoc. Prof., PhD in technical science

National University "Odesa Polytechnic", Odesa, Ukraine.

e-mail: grishyn.m.v@op.edu.ua

## Controlling the wear resistance of the heat exchange surface of a steam boiler of a TPP by controlling the quality of steam coal through the distribution of coal flows

Despite the constant increase in the use of renewable energy sources to cover the demand of modern energy systems, most of the world's electricity is produced by classical thermal power plants (TPP), in particular, the main resource for electricity production is coal (about 36.7%). It's still actually the problems of erosive wear (further referred to as abrasive wear) of the heat exchange surface tubes caused by the movement of solid particles entrained in the flue gas, which increases the risk of premature decommissioning of this particular equipment because of the coal with a high content of abrasive impurities (further is called as coal quality).

Taking into account the indicators of the operating time, the conditional coal classes and the controlling influence on the coal were formulated, i.e. decisions on combustion, enrichment, refusal of combustion, etc.

Table 1. Proposed coal classes with recommendations for fuel class.

| $n_{SiO_2}$ | fuel class  | from, years | to, years | controlling influence                           |
|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------------------------------------------|
| 0-5%        | Ideal       | -           | 17,75     | Send to the reserve warehouse.                  |
| 5-9%        | Good        | 17,69       | 9,43      | Use for burning.                                |
| 9-16%       | Normal      | 9,42        | 4,89      | Partially enrich or mix with the reserve.       |
| 16-30%      | Unsatisfied | 4,89        | 2,17      | To enrich, or to enrich and mix with a reserve. |
| 30+%        | Bad         | 2,17        | -         | Mix with the reserve, or use only the reserve.  |

The condition problem of this sheet corresponds to the coal classes and will influence the choice of fuel action. For the regulation is been used fuzzy logic and the regulator will have the next scheme:

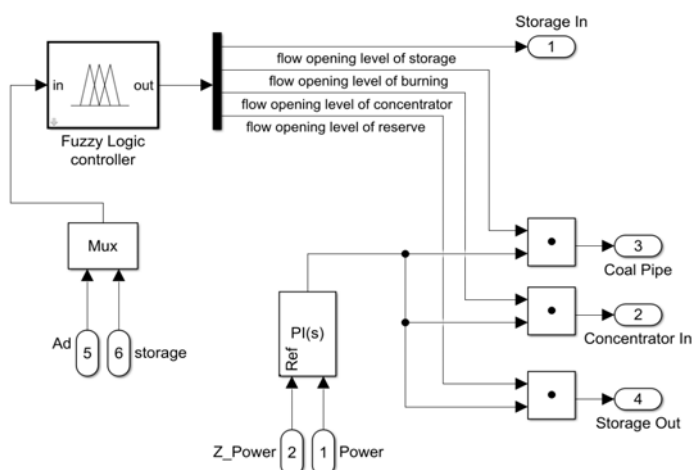


Fig.1. Scheme of the control unit (Grand Controller unit)

The case when  $Ad$  is constantly changing is considered. It continuously increases from 14% to 35% during 100-time units. Let's consider results for a variable quality:

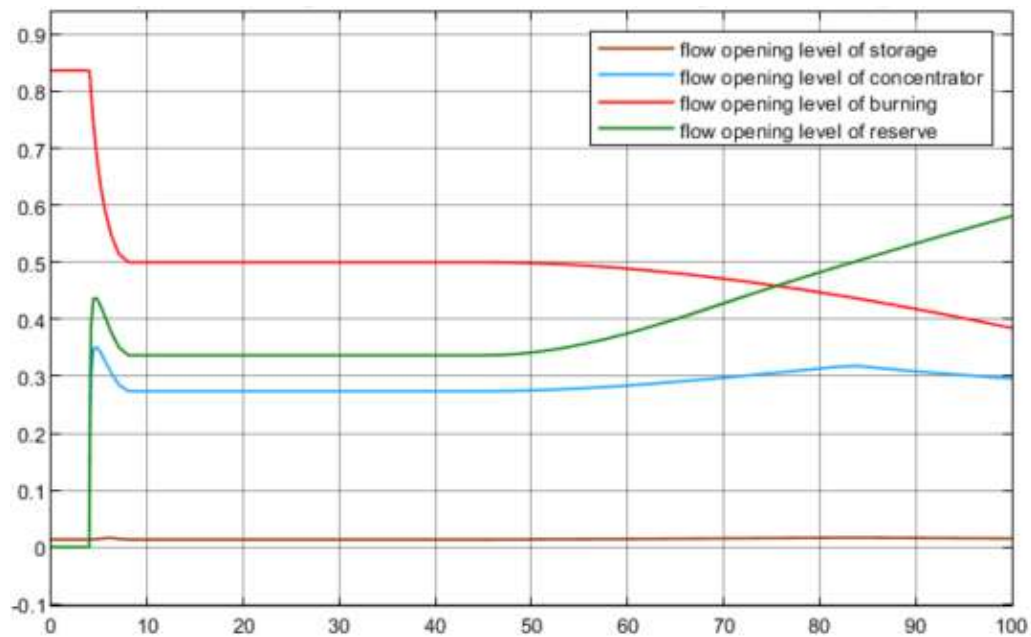


Fig. 2. Chart of the results of coal flow control when the abrasiveness index is steadily increasing for 100-time units.

The results are shown on the chart as follows:

- 1) At the initial  $A_d=14\%$  (system operating time  $t_0=0s$ ), almost the entire fuel flow is sent to combustion.
- 2) At the time of system operation  $t_1=50s$ , the  $A_d$  will change and will be  $24\%$ . Therefore, the controlling influence will be the following distribution of fuel flows - half of the steam coal is sent for combustion, mixed with reserve fuel, and the rest is sent for enrichment.
- 3) At the end of the experiment ( $t_2 = 100$ ) at  $A_d = 35\%$  - the largest share of the combusted fuel will be reserve energy coal, while the coal from the supplier will be partially burned, partially directed to enrichment.

It can be seen that with a steady increase in the content of abrasive material in steam coal, the consumption flow of the reserve is increased and the consumption flow of the supplied ash fuel is reduced. This will help reduce the rate of erosion of the heat exchanger surface from the flow of abrasive material during combustion. Thus, it should be summarized that with the help of the proposed regulator, the set task has been solved.

The obtained results of computer simulation confirm the high efficiency of the use of fuel enrichment and the automated fuzzy control system, which allows for the observation of the combustion of the required amount of coal to maintain the proper level of grid capacity but to reduce the harmful effects of wear resistance of the heat exchanger of the coal-fired power plant.

#### References

1. Pelykh, S.N., Maksimov, M.V. "The method of fuel rearrangement control considering fuel element cladding damage and burnup", Problems of Atomic Science and Technology, 87(5), 2013, Kharkiv, 84-90, <https://vant.kipt.kharkov.ua/TABFRAME.html>.
2. Maksimov, M.V., Pelykh, S.N. & Gontar, R.L., "Principles of controlling fuel-element cladding lifetime in variable VVER-1000 loading regimes", Atomic Energy; Vol. 112, Iss. 4, 2012, New York, 241-249, <https://doi.org/10.1007/s10512-012-9552-3>.
3. Cipriano, A.Z., "Fuzzy Predictive Control for Power Plants", Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications, Advances in Industrial Control. Springer, London, 2006, 279-297. [https://doi.org/10.1007/978-1-84628-469-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-469-4_19).
4. Szmidt, Eulalia & Kacprzyk, Janusz. "A consensus-reaching process under intuitionistic fuzzy preference relations", Int. J. Intell. Syst.. 18. 2003, 837-852, <https://doi.org/10.1002/int.10119>.
5. S.N. Sivanandam, S. Sumathi, S. N. Deepa, Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB, Springer International Publishing, 2007 Berlin, <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35781-0>.

## Огляд використання мов програмування С, С++, С# та їх популярності запитів

Одна з найстаріших мов програмування С була розроблена на початку 70-х років. Ця мова вважається універсальною завдяки поєднанню в ній мов програмування високого та низького рівня, враховуючи її роботу з реальними пристроями промислової автоматизації та робототехніки. Мову С цінують за ефективність та просту мовну базу. С є найпопулярнішою мовою, яку використовують при розробці операційних систем, програмно-апаратного забезпечення, застосовують для вивчення програмування мікроконтролерних систем в університетах.

Мова С вплинула на розвиток індустрії програмного забезпечення, а її синтаксис став основою багатьох мов програмування, працюючих на різних операційних системах [1]. Програми мовою С, як правило, можна перенести в будь-яку іншу операційну систему або з мінімальними змінами, або без них.

Якщо розглянути статистику показника популярності мов програмування за індексом TIOBE Programming Community, який проводить оцінювання на основі підрахунку результатів пошукових запитів, що містять назву мови; С займає одну з перших позицій починаючи з 2001 року. На рисунку 1 наведено рейтинг популярності мов програмування згідно TIOBE Index за жовтень 2022 року [2].

| Oct 2022 | Oct 2021 | Change                                                                              | Programming Language                                                                                  | Ratings | Change   |
|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|
| 1        | 1        |                                                                                     |  Python            | 17.06%  | +5.81%   |
| 2        | 2        |                                                                                     |  C                 | 15.27%  | +1.05%   |
| 3        | 3        |                                                                                     |  Java              | 12.84%  | +2.38%   |
| 4        | 4        |                                                                                     |  C++               | 9.92%   | +2.42%   |
| 5        | 5        |                                                                                     |  C#                | 4.42%   | -(-).81% |
| 6        | 6        |                                                                                     |  Visual Basic      | 3.95%   | -1.29%   |
| 7        | 7        |                                                                                     |  JavaScript        | 2.74%   | +0.55%   |
| 8        | 10       |  |  Assembly language | 2.39%   | +0.33%   |
| 9        | 9        |                                                                                     |  PHP               | 2.04%   | -0.06%   |
| 10       | 8        |  |  SQL               | 1.78%   | -0.39%   |
| 11       | 12       |  |  Go                | 1.27%   | -0.01%   |
| 12       | 14       |  |  R                 | 1.22%   | +0.02%   |
| 13       | 29       |  |  Objective-C       | 1.21%   | +0.70%   |

Рисунок 1. – Рейтинг популярності мов програмування по індексу TIOBE за 2022 рік

Для формування індексу використовується пошук в багатьох інформаційних порталах, таких як: Google, Yahoo!, Blogger, Wikipedia, YouTube, Baidu, Bing, Amazon [2]. Поряд з Python, Java мови С, С++ і С# давно входять до п'ятірки найпопулярніших мов по індексу TIOBE. У жовтні 2021 року на С, С++ і С# припадало 25% ринку, у жовтні 2022 року їхня частка становить уже 30%.

На рисунку 2, 3 наведено позиції мов програмування С та С++ у відсотках за період 2001-2022 років.

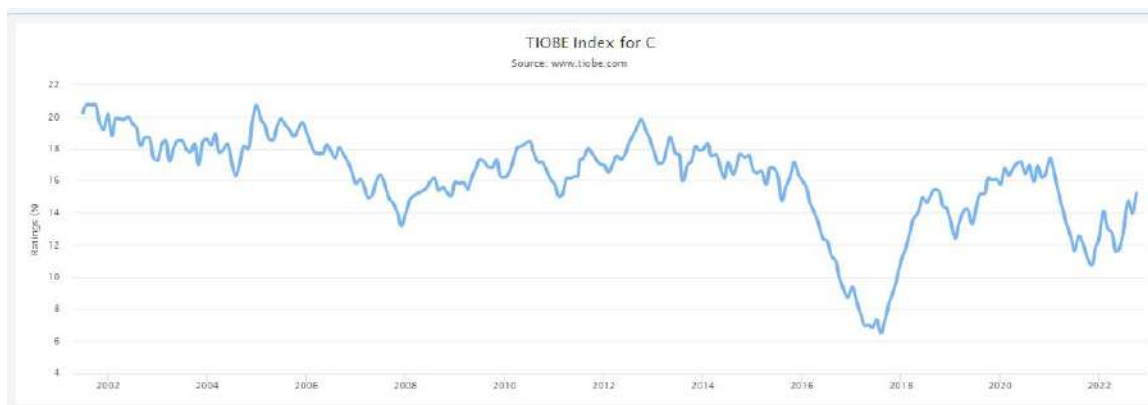


Рисунок 2. – Позиції мови програмування С (TIOBE Index)

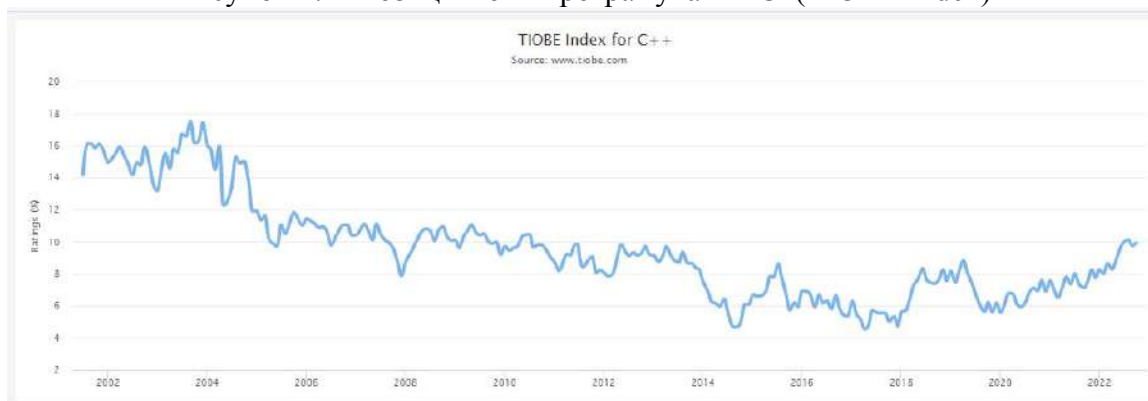


Рисунок 3. - Позиції мови програмування C++ (TIOBE Index)

Мова програмування C++ займає четверте місце по-популярності. Вона розроблялася з метою доповнити С можливостями зручними для розробки великих проектів, таких як підтримка об'єктно-орієнтованого програмування, що складається з класів та об'єктів, які вміють передавати властивості один одному та узагальненого програмування.

На C++ розробляють високонавантажені та високопродуктивні додатки [3]. На ньому пишуть операційні системи, браузері, комп'ютерні ігри (Counter-Strike, StarCraft: Brood War, Diablo I, World of Warcraft), банківські сервіси, програмують мікроконтролери та навчають нейромережі (TensorFlow, Caffe, Shogun, Pytorch C++ API). Завдяки C++ працюють пошукові системи Google, Firefox, Яндекс, графічний редактор Adobe Photoshop та додатки Microsoft (Windows OS, пакет Office, Internet Explorer, Visual Studio).

Мова C#, займає п'яту позицію по-популярності, її компанія Microsoft спочатку створювала для своїх проектів під Windows. На даний час C# є крос-платформеною об'єктно-орієнтованою мовою [4]. На ній пишуть ігри та віртуальну реальність на Unity, веб-сервіси, десктопні програми, нейромережі (бібліотека від Microsoft - ML.NET), графіку для метавесвітів. Для Windows розроблена платформа компілювання .NET Framework. Розроблені крос-платформні програми Mono (на Linux та macOS) і Xamarin (на смартфонах) для запуску коду.

#### Список літератури

1. JTC1/SC22/WG14 – C. URL : <https://www.open-std.org/JTC1/SC22/WG14/>
2. TIOBE Index for October 2022. October Headline: The big 4 languages keep increasing their dominance URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>
3. C++ reference. Freestanding implementations. URL : <https://en.cppreference.com/w/>
4. C# 6.0 in a Nutshell: The Definitive Reference. USA, Sebastopol : O'Reilly Media, 2015. 1092 с.

Ірина Єніна, доц., канд. техн. наук, Ганна Черноглазова, старший викладач, канд. пед. наук

Льотна академія Національного авіаційного університету, Kropyvnytskyi, Ukraine

e-mail: palmeri@ukr.net

## Принципи побудови відмовостійких бортових обчислювальних систем літака

Під БОС розуміють сукупність взаємопов'язаних та узгоджено діючих апаратно-програмних засобів передачі, зберігання та обробки інформації, що розміщуються на рухомому об'єкті та призначені для перетворення вхідних даних у вихідні відповідно до заданих цілей функціонування [1].

БОС – центральна частина інтегрованого комплексу бортового обладнання сучасного літака. Вона розглядається як складна автоматизована система управління (АСУ), яка функціонує залежно від характеру зміни зовнішньої та внутрішньої інформації, а також реальних умов експлуатації [1].

В основі розробки БОС лежить принцип системного підходу та цільового управління. Використання цього принципу вимагає чіткого уявлення про призначення (мету) та умови розробки і використання системи, а також формування критерію, що дозволяє оцінити ступінь досягнення цієї мети розробляємої БОС. Цей критерій повинен враховувати як зовнішні умови, в яких функціонуватиме система, так і різноманітні обмеження, які будуть мати місце при розробці, виготовленні та експлуатації БОС. Оскільки ці обмеження або, принаймні, частина з них нежорсткі і їх можна вирішити, тільки вклавши в БОС великі кошти. Найбільш загальним, глобальним критерієм якості системи є вираз, що з одного боку оцінює її ефективність, а з іншого боку, вартість. Загальний підхід під час проектування БОС представлений на рисунку 1 [2,3].



Рисунок 1. – Методологія проектування складних АСУ (БОС)

Одночасно максимізувати ефективність та мінімізувати вартість системи не можна. Тому використання таких багатокомпонентних векторних критеріїв, на відміну від однокомпонентних, скалярних критеріїв становить додаткові труднощі. У більшості випадків їх долають, задаючи або значення одного з компонентів, наприклад вартості, як обмеження і оптимізуючи величину іншого компонента, або задаючи значення вагових коефіцієнтів при компонентах і оптимізуючи їх зважену суму.

Використання концепції системного підходу та цільового управління дозволяє сформулювати низку принципів проектування БОС. Як показано на рисунку 1 для досягнення екстремуму глобального критерію якості необхідно забезпечити [2,3]:

- адаптивність системи до зміни умов функціонування;
- ієрархічність системи, тобто чіткий її поділ на підсистеми та їх складові елементи з визначенням функцій цих компонентів та умов їх взаємодії;
- "рівноміцність" елементів системи;
- раціональний рівень уніфікації елементів.

Кожен із цих принципів визначає відповідні методологічні напрями робіт.

Реалізація принципів розробки БОС забезпечує формування однієї з найважливіших її експлуатаційно-технічних характеристик - високої надійності, яка в загальному випадку визначається такими показниками: надійністю елементної бази, архітектурою і структурою зв'язків, надійністю (здатністю до реконфігурації) програмного забезпечення, умовами експлуатації, якістю технічне обслуговування.

Проблема побудови високонадійної БОС зараз вирішується використанням двох підходів: використанням елементів та апаратури підвищеної надійності; забезпеченням відмовостійкості.

Перший підхід передбачає тривалий час та високі витрати на розробку більш надійних елементів.

Другий підхід ґрунтується на принципі відмовостійкості. Система вважається відмовостійкою або нечутливою до несправностей, якщо її організація передбачає усунення наслідків несправностей або відмов елементів і програмного забезпечення. Для реалізації принципу стійкості до відмови в загальному випадку необхідно: організувати діагностування технічного стану системи і забезпечити відновлення працездатності системи за результатами діагностування.

Реалізація перелічених заходів стає можливою тільки на основі введення в систему різних видів надмірності:

- апаратний (наявність дублюючих систем та додаткових ліній зв'язку);
- тимчасовий (використання високопродуктивних мікропроцесорів для забезпечення багаторазового виконання програми);
- інформаційний (наявність безлічі алгоритмів і їх програмної реалізації на вирішення одного й того ж завдання);
- програмний (використання у програмному забезпеченні БОМ дублюючих програм, що реалізуються при помилках в основних програмах або відмови дублюємих систем).

Оскільки існує багато різних способів забезпечення надмірності в системі, а функції системи обмежені певним колом вирішуваних, то часто використовується більш вузьке поняття відмовостійких систем. Наприклад, для стійких до відмови БВС основним завданням є їх здатність правильно виконувати алгоритми за наявності відмов в апаратурі.

#### Список літератури

1. Акопов М.Г., Бекасов В.И., Долгушев В.Г. Системы оборудования летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2005. 558 с.
2. Mike Tooley. Aircraft Digital Electronic and Computer Systems. 2nd Edition Engineering & Technology. London : Routledge 2022, 412 p.
3. Mike Tooley. Aircraft Digital Electronic and Computer Systems. 3rd Edition Engineering & Technology. London

**Єгор Ткаченко**, студент гр. МСПП-2102, **Софія Олійник**, студентка гр. МСПП-2102, **Олена Данченко**, проф., докт. техн. наук

*Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*

e-mail: [egortkachenco@gmail.com](mailto:egortkachenco@gmail.com) ; [sophie.olijnykit@gmail.com](mailto:sophie.olijnykit@gmail.com) ; [elen\\_danchenko@ukr.net](mailto:elen_danchenko@ukr.net)

## Управління стартапом з розробки мобільного додатку для обліку та аналізу

В рамках проведеного дослідження було розглянуто актуальність розробки мобільного застосунку для обліку доходів та витрат з метою їх обліку та аналізу, розібрано основні принципи ведення обліку. Розглянуто проблеми з якими стикається користувач в процесі обліку фінансів та проаналізовано існуючі рішення.

Смартфон сьогодні – це засіб не тільки для зв'язку, а й інструмент для покупок, ігор, спілкування та роботи. Стрімкий розвиток інформаційних технологій спричинив зростання ринку мобільних застосунків направлених на рішення різноманітних повсякденних задач користувачів. Додатки для навчання, карти для навігації, онлайн магазини для покупки одягу, продуктів харчування, побутових товарів та т.п., все це результат тотального використання інформаційних технологій в усіх сферах життя людей [1], тому для організованих та відповідальних користувачів смартфонів розробка мобільного застосунку для обліку доходів та витрат з метою їх обліку та аналізу має не аби яку актуальність.

За останні 10 років частка мобільно трафіку значно зросла, та вже перевищила частку трафіку від настільних пристроїв, комп'ютерів, ноутбуків [2]. Така тенденція гарно візуалізована на рис. 1.

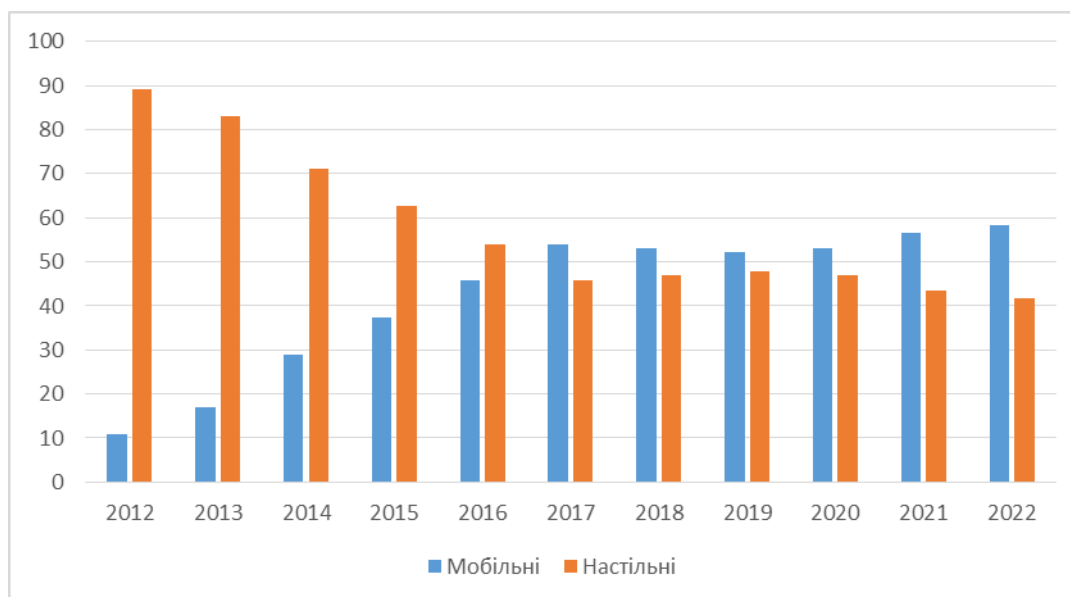


Рисунок 1 - Гістограма розподілу трафіку між мобільним та настільним пристроями

Одна з причин такої тенденції достатній розвиток технологій для створення загальнодоступних інструментів, що дають користувачу можливості ефективніше вирішувати проблеми та економити важливі ресурси, час та гроші.

Безконтрольне використання власних фінансів стає причиною перевищення витрат над доходами. Це змушує залазити в борги, брати кредити, але контролюючи власний бюджет ви ніколи не потрапите в подібну ситуацію. Проблему обліку доходів та витрат

допомагає вирішити звичка ефективно управляти своїми фінансами і вміння правильно розподіляти свої кошти, що є ключем до економічної стабільності [3]. Принцип ведення обліку дуже простий – потрібно регулярно контролювати свої доходи та витрати [4]. Так можна реально оцінювати наявні ресурси та розуміти об’єми грошових потоків [5].

Переваги ведення обліку:

- це дає змогу дізнатись, куди дійсно діваються кошти;
- аналіз бюджету допоможе знайти можливості для заощаджень;
- регулярне ведення обліку привчає до дисципліни;
- докладна картина руху персональних фінансів дає змогу краще розуміти цінність грошей, як вони працюють та як їх вигідніше використовувати.

У процесі ведення обліку виникають різні питання:

- періодичність та спосіб ведення обліку щоденних витрат;
- планування фінансових заощаджень для майбутніх покупок;
- кількість інформації, що з часом невпинно збільшується та ускладнює обробку;
- ведення спільного бюджету різними людьми;
- доступ до інформації з будь-якого місця.

Рішення всіх або частини цих проблем має бути реалізовано в мобільному додатку, що позиціонує себе як додаток для обліку та аналізу власних фінансів.

Існуючі застосунки на ринку пропонують різні варіації рішень вище описаних проблем, проте варто звернути увагу на питання про спосіб ведення інформації для обліку, оскільки це займає найбільше часу. З огляду існуючих аналогів ясно, що основне рішення – це ручний ввід інформації. На мою думку в такій ситуації доцільно зробити пріоритет на реалізації альтернативного способу для введення інформації – це точно виділить застосунок серед аналогів.

Зараз стрімко набирають популярність використання різних технологій зв’язаних з нейронними мережами та машинного навчання, в тому числі для аналізу фото та тексту. Можлива реалізація альтернативного способу вводу інформації може бути зроблена з використанням технологій розпізнавання тексту з фото фіскальних чеків та подальшою їх обробкою. Використання існуючих інструментів може значно прискорити розробку даного функціоналу так як задача розпізнавання тексту вже давно вирішена і не є важкою.

В останні роки набрали популярність онлайн додатки банків, більшість з них мають можливості до інтеграції з іншими сервісами, проте вимагають різних перевірок на рахунок того чи безпечно користуватися вашим додатком. У випадку застосунку для обліку фінансів, така інтеграція з рахунками користувача дасть інформацію про витрати та надходження які можна буде автоматично вносити до обліку, що значно полегшить життя користувачу, а партнерство з відомими платформами значно підвищить рівень довіри, що є вкрай важливо для додатку зв’язаного з фінансами.

### Список літератури

1. Бабенко В.О, Шпак Н. О, Управління. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2020. – 716 с.
2. Майбутнє розробки мобільних додатків[Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:<https://web-promo.ua/ua/blog/budushhee-razrabotki-mobilnyh-prilozhenij-9-tendencij-o-kotoryh-nuzhno-znat-razrabotchiku/>
3. Napoleon H. Think and Grow Rich : United States. – 1937. – 238с.
4. Сімейний бюджет та управління фінансами для чайників[Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:<https://financer.com/ua/blog/upravlinnya-finansamy/>
5. Як успішно контролювати свої фінанси в час війни[Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:<https://www.finn.com.ua/blog-item/kontrolyuvaty-svoi-finansy>

**Софія Олійник**, студентка гр. МСП-2102, **Єгор Ткаченко**, студент гр. МСП-2102, **Юрій Триус**, проф., докт. пед. наук, канд. фіз.-мат. наук

*Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*

e-mail: [sophie.olijnykit@gmail.com](mailto:sophie.olijnykit@gmail.com), [egortkachenco@gmail.com](mailto:egortkachenco@gmail.com), [tryus@chdtu.edu.ua](mailto:tryus@chdtu.edu.ua),

## Управління стартапом з розробки web-орієнтованої інформаційної системи для аналізу діяльності співробітників ІТ-компанії

Доповідь присвячена дослідженню в рамках якого було проаналізовано сучасний стан ІТ-галузі в Україні, основним проблемам та задачам менеджерів проєктів, визначено актуальність розробки web-орієнтованої інформаційної системи для аналізу діяльності співробітників ІТ-компанії.

Стрімкий розвиток галузі інформаційних технологій (ІТ) в Україні вимагає створенню нових допоміжних засобів управління стартапами, проєктами, ІТ-компаніями тощо. Компанії надзвичайно швидко ростуть та стають все більш децентралізованими.

Україна має перевагу на ІТ-ринку порівняно з найближчими країнами-конкурентами. Перш за все це:

- найбільший ринок праці;
- найбільша кількість випускників з ІТ-спеціалізацією.

При цьому в Україні в 3-4 рази менше ІТ-спеціалістів на 100 тис. населення, ніж у країнах-конкурентах. Це свідчить про високий потенціал розширення зайнятості в ІТ-сфері через формальну освіту та перекваліфікацію [1].

Усі перераховані фактори створюють сприятливі умови для розвитку ІТ-галузі, створюється можливість збільшення експортних надходжень в Україну в найближчі роки. За розрахунками НБУ, Держстату, ДПС та МОН можливі три сценарії розвитку ІТ-індустрії в Україні, а саме оптимістичний сценарій, базовий та консервативний (рис. 1)



Рисунок 1 – Фактична та передбачувана експортна виручка, %

Крім того, запровадження спеціального правового режиму для ІТ-індустрії Дія City має надати деякі додаткові стимули для бізнесу: спеціальний податковий режим, більш гнучкі умови працевлаштування, договірний захист інвестицій та додаткові інструменти у

сфері корпоративного управління. З огляду на результати діалогу ІТ-індустрії та влади, враховуючи головні побажання галузі, впровадження Дія City дійсно стане наступним кроком у подальшому розвитку цифрової економіки України.

Через великий потік ІТ-фахівців, компанії мають шукати безліч менеджерів, які б змогли вправно керувати командами, аналізувати ефективність співробітників, слідкувати за їх робочим часом та координувати в проєкті загалом. Часто-густо в ІТ-компаніях, які мають великий персонал ІТ-фахівців, менеджерів та HR бізнес-партнерів стає забагато в співвідношенні з кількістю співробітників, обов'язки та діяльність яких тісно пов'язані з реалізацією та підтримкою продукту.

Найбільшою проблемою, з якою можуть зіткнутися менеджери з персоналу, є трудомістке управління, оскільки існує дуже багато завдань, функцій і процесів, які потрібно виконати вчасно та якісно. Ось кілька прикладів:

- розробка та реалізація кадрової стратегії на основі планування, прогнозування та оцінки потреби в кадрових ресурсах компанії;
- управління якістю, компетентністю та конкурентоспроможністю працівників;
- управління компенсаціями, бонусами, заробітною платою та пільгами;
- заохочування до ефективної праці персоналу як матеріально, так і нематеріально;
- контроль за поведінкою та доброчесністю працівників;
- менеджмент продуктивності;
- забезпечення ефективності бізнес-процесів [2, 3].

Іноді, менеджери просто не встигають тримати все під контролем, внаслідок цього виникає потреба в частковій автоматизації процесу менеджменту для розвантаження частини персоналу, які безпосередньо мають відношення до ІТ-менеджменту, та створенні комфортних умов роботи для таких спеціалістів.

Ці задачі можуть частково вирішити спеціалізовані HRIM (Human Resource Information Management) системи [4], але такі системи вирішують лише загальні задачі з управління та більше стосуються саме HR (Human Resource) процесів [5], тому, враховуючи актуальність поставленої проблеми, було прийнято рішення створити проєкт з розробки web-орієнтованої інформаційної системи для аналізу діяльності співробітників ІТ-компанії.

За допомогою цієї інформаційної системи планується покрити частину обов'язків менеджерів та PC (Project Coordinator) фахівців для розвантаження управлінських процесів в ІТ-компаніях.

Враховуючи всі тенденції ІТ-галузі можна говорити про те, що розробка web-орієнтованої інформаційної системи для аналізу діяльності співробітників ІТ-компанії та вивід її на ринок є логічним рішенням, завдяки якому ІТ-компанії матимуть можливість зменшити витрати на менеджмент та вивести підприємство на міжнародний рівень та закордонні ринки. Розробка даного продукту допоможе створити для ІТ-менеджерів більш сприятливі умови роботи, шляхом автоматизації деяких управлінських процесів.

#### Список літератури

1. IT Ukraine Association [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://itukraine.org.ua/results-of-a-national-study-of-the-it-industry.html>
2. Orlova O. – Features of personnel management in information technology field, p.119
3. Балабанова Л.В. Стратегічне управління персоналом підприємства : [навч. посібник] / Л.В. Балабанова, О.В. Стельмашенко. – К. : Знання, 2011. – 236 с.
4. Human Resource Management [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.techtarget.com/searchhrsoftware/definition/human-resource-management-HRM>  
Human Resources [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/h/humanresources.asp>

**Сергій Шимко**, аспірант, **Роман Ткачук**, аспірант, **Ярослав Шуліка**, аспірант  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: *shymko97@gmail.com, ro.tkachuk@outlook.com, yar.shulika@gmail.com*

## Дослідження методів ройового інтелекту для управління безпілотними літальними апаратами

**Ройовий інтелект** – концепція, що описує комплексну колективну поведінку децентралізованої системи із самоорганізацією. Методи ройового інтелекту використовуються у теорії штучного інтелекту в задачах оптимізації, а також для організації колективної діяльності множини роботів.

**Система ройового інтелекту** – це множина агентів, які взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем для виконання деякої спільної наперед заданої місії. При локальній взаємодії агентів виникає явище емерджентності, коли у системи (групи агентів) виникають нові корисні властивості не властиві кожному агенту поодиночці. При розробці методів ройового інтелекту використовують дослідження біологічних систем, та переймають принципи взаємодії і самоорганізації живих істот, впроваджуючи їх у системи зі штучним інтелектом, зокрема, об'єктом дослідження може бути колонія мурах, зграя вовків, рій бджіл, зграя птахів, колонія бактерій, косяк риб тощо, або навіть неживі об'єкти – процеси формування природних річок, гравітаційні маси під час гравітаційного пошуку тощо.

Ройовий інтелект може бути використаний у цілому ряді програм. Методи колективного руху агентів у колонії використовуються при проектуванні систем координованої роботи роботів. Зокрема, методи колективного інтелекту успішно використовуються для скоординованого управління множиною безпілотних літальних апаратів. Також ройовий інтелект застосовується для інтелектуального аналізу даних.

В наш час актуальним є застосування ройового інтелекту для управління зграями дронів. Однак автоматизація управління роєм дронів є складною задачею, тому що крім взаємодії між учасниками рою треба також забезпечити взаємодію з навколишнім середовищем, умови якого часто змінюються, і враховувати ряд обмежень каналів бездротового зв'язку, що використовуються кожним безпілотним літальним апаратом у зграї. Зграї дронів можуть застосовуватися у різних сферах, наприклад, у військовій, транспортній, розвідці корисних копалин, рятувальній, і навіть дизайнерській і кінематографічній.

Існує велика кількість алгоритмів ройового інтелекту, наприклад, мурашиний алгоритм, метод рою частинок, бджолиний алгоритм, штучна імунна система, алгоритм сірих вовків, алгоритм гравітаційного пошуку, алгоритм альтруїзму, алгоритм крапель води, оптимізація пересування бактерій, метод формування ріки, світлячковий алгоритм та багато інших. Було проведено дослідження методів ройового інтелекту, які можна застосовувати для керування зграєю безпілотних літальних пристроїв, розглянуті методи наведені нижче.

### **Бджолиний алгоритм**

Основна мета бджолиного рою – потрапити на поле в ту область, де густина квітів буде найбільшою, цей принцип і використовує бджолиний алгоритм для реалізації поставленої перед агентами місії. Спочатку бджоли не мають жодного уявлення про дане поле, вони починають пошук кольорів з випадкових позицій, при цьому кожна бджола має свій вектор швидкості (але він може збігатися з вектором швидкості будь-якої іншої бджоли). Кожна бджола запам'ятовує ті позиції, де вона знайшла найбільшу кількість квітів. При цьому вона може якось знати, де інші бджоли знайшли області з найбільшою щільністю. Далі перед бджолою стоїть вибір: повернутися туди, де вона знайшла найбільшу кількість квітів, або летіти до того місця, де інші бджоли знайшли ідентичну область. Вибір бджоли в даному випадку залежатиме від того, що вплине на її рішення – її власний спогад або соціальний рефлекс. Під час того, як бджола летітиме на обране нею місце, вона може знайти область з

ще більш високою концентрацією кольорів, ніж було знайдено раніше. Це місце може бути виділене як нове, знайдене бджолою, у якого густина квітів найбільша, а також як знайдене всім роєм. Однак бджола може випадково пролетіти повз те місце, де щільність квітів вище, ніж у області, знайденої іншою особиною. Тоді весь рій у результаті летітиме у напрямку цього місця, яке додається до спостереження кожної бджоли. Цей алгоритм найбільш зручно використовувати, якщо місією зграї дронів є розвідка (військова, геологічна тощо) або атака деякої цілі.

Маніпуляції зі швидкістю частинки є основним елементом усієї оптимізації. Швидкість частки змінюється відповідно до взаємного розташування персональної найкращої позиції і глобальної найкращої позиції.

Крім базового бджолиного алгоритму існує низка покращених або гібридних його версій, кожна з яких акцентує увагу на деяких недоліках базового алгоритму. Ці варіанти включають (але не обмежуються ними) нечіткий або посилений бджолиний алгоритм (EBA), груповий бджолиний алгоритм (GBA), гібридно-модифікований бджолиний алгоритм тощо.

### **Метод рою часток**

Моделює багатоагентну систему, де агенти-частинки рухаються до оптимальних рішень, обмінюючись при цьому інформацією із сусідами. Поточний стан частки характеризується координатами у просторі рішень (тобто, власне, пов'язаним із ними рішенням), а також вектором швидкості переміщення. Обидва параметри вибираються випадковим чином на етапі ініціалізації. Крім того, кожна частка зберігає координати кращого із знайдених їй рішень, а також найкраще з пройдених усіма частинками рішень – цим імітується миттєвий обмін інформацією між птахами.

На кожній ітерації алгоритму напрям і довжина вектора швидкості кожної з частинок змінюються у відповідності до відомостей про знайдені оптимуми:

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{v}_i + a_1 \cdot \text{rnd}() \cdot (\mathbf{pbest}_i - \mathbf{x}_i) + a_2 \cdot \text{rnd}() \cdot (\mathbf{gbest} - \mathbf{x}_i),$$

де  $\mathbf{v}$  – вектор швидкості частинки ( $\mathbf{v}_i$  – його  $i$ -а компонента),  $a_1, a_2$  – постійні прискорення,  $\mathbf{pbest}$  – найкраща знайдена частинкою точка,  $\mathbf{gbest}$  – найкраща точка з пройдених усіма частинками системи,  $\mathbf{x}$  – поточне положення частинки, а функція  $\text{rnd}()$  повертає випадкове число від 0 до 1 включно.

Після обчислення напрямку вектору частинка переміщується в точку  $\mathbf{x}_i$ . У разі потреби оновлюються значення найкращих точок для кожної частинки та для всіх частинок загалом. Після цього цикл повторюється.

Алгоритм рою частинок з'явився відносно недавно, однак різними дослідниками вже було запропоновано цілу низку його модифікацій, і нові роботи на цю тему не перестають публікуватися. Можна виділити декілька шляхів покращення класичного алгоритму, реалізованих у більшості з них. Це об'єднання алгоритму з іншими алгоритмами оптимізації, зменшення ймовірності передчасної збіжності шляхом зміни характеристик руху частинок, і навіть динамічна зміна параметрів алгоритму під час оптимізації. Найбільш відомі модифікації – LBEST, Inertia Weighted PSO, Time-Varying Inertia Weighted PSO, Canonical PSO, Fully Informed Particle Swarm.

Будь-який безпілотний літальний апарат має обчислювальну здатність виконання польоту з базовим рівнем управління, але тільки літальні апарати з високим рівнем автономності можуть приймати рішення для виконання завдань без втручання наземної станції управління. У рої дронів прийняття рішень може здійснюватися самими агентами розподіленим чином і централізованим управляючим органом. Останнє відбувається у роях безпілотних літальних апаратів із низькою автономністю. Однак у рої безпілотних літальних апаратів з високим рівнем автономії прийняття рішень може здійснюватися самими дронами.

Роман Жесан, доц., канд. техн. наук, Олена Голик, доц., канд. техн. наук, Руслан Жесан, магістрант гр. АК - 22М

Центральноукраїнський національний технічний університет

## Способи орієнтації сонячних панелей домашньої сонячної електростанції, що працює за «зеленим тарифом»

Останнім часом в Україні набули значного поширення мережеві фотоелектричні сонячні електростанції (СЕС), що працюють за «зеленим тарифом».

Тобто частина енергії виробленої такими СЕС, понад потреби споживача, видається до об'єднаної енергосистеми країни (мережі електропостачання), а власнику виплачується її вартість за «зеленим тарифом».

Під «зеленим тарифом» розуміється економічний механізм винагороди за генерацію електроенергії з відновлюваних джерел енергії [1].

Причому, бурхливому розвитку таких технологій сприяло те, що в Україні були встановлені дуже високі, у порівнянні з країнами Європи та Північної Америки, «зелені тарифи». І, хоча вони поступово знижувалися (від 11,0375 грн./(кВт · год.) у 2013-2014 рр. до 5,5685 грн./(кВт · год.) у 2017-2019 рр. [1]), все одно залишаються дуже привабливими з точки зору окупності задіяного обладнання і отримання прибутку від енергоринку. На сьогодні «зелений тариф на електричну енергію, вироблену СЕС приватних домогосподарств, встановлена потужність яких не перевищує 30 кВт становить 5,0050 грн./(кВт · год.) [1, 2].

Встановлення великої кількості домашніх СЕС у нашій країні може розв'язати щонайменше 2 проблеми:

- гарантоване і безперервне енергозабезпечення приватних домогосподарств;
- компенсацію нестачі енергії в енергосистемі у пікові години доби.

Як відомо потужність, фотоелектричних сонячних елементів прямо пропорційна косинусу кута  $\theta$  між напрямком на Сонце і нормаллю до площини батареї [3-5]. Зрозуміло, що максимальної видачі потужності сонячними панелями можна досягти за умови, коли  $\theta = 90^\circ$ .

Тобто необхідно постійно, у кожний момент часу, забезпечувати перпендикулярність падіння сонячних променів на пласку поверхню сонячної панелі.

Проте це є досить проблематичним, оскільки кут падіння сонячних променів постійно змінюється (як протягом дня, так і за сезонами року).

Таким чином, виникає потреба у застосуванні систем, що слідкують за положенням Сонця над обрієм. Такі слідкуючі системи раніше називали геліостатами (від грецьк. *Геліос* – Сонце та *статос* – стаціонарний, стабільний), а сьогодні – частіше трекерами (від англ. *to track* – відслідковувати).

Проте двокоординатний (двоосьовий) трекер, який здійснює регулювання кута нахилу пласкої сонячної панелі по горизонталі та по вертикалі, може виявитись неприйнятним для СЕС приватних домогосподарств з малою потужністю.

По-перше, його вартість обчислюється тисячами гривень, а, по-друге, він постійно потребує енергії на власні потреби (для живлення двох електродвигунів, датчиків і системи керування).

Тому, більш доцільним вважається скористатися іншими способами орієнтування пласких сонячних панелей на Сонце.

Найпростішим варіантом є стаціонарне встановлення сонячних панелей напрямком до

екватора (тобто, у нас у Північній півкулі – на південь) під кутом нахилу до земної поверхні  $\beta$ , що дорівнює широті місцевості. В такому випадку перпендикулярність падіння сонячних променів буде забезпечуватись 1 раз на добу – у сонячний полудень [4, 6, 7].

Трохи більш досконалий варіант, що дозволяє вловити більше сонячної енергії, – це встановлення сонячної панелі на кронштейнах, які забезпечують заздалегідь розрахований оптимальний кут нахилу [8, 9]. Цей кут може змінюватися 2 рази на рік – взимку (широта місця плюс  $10^\circ \dots 15^\circ$ ) та влітку (широта місця мінус  $10^\circ \dots 15^\circ$ ) [8], може бути вирахований для 4 сезонів року – зими, весни, літа та осені [9], а бо ж обраховуватись і змінюватись щомісячно [5, 10].

Встановлення сонячних батарей на «обмежено рухомі» конструкції із застосуванням «оптимальних кутів нахилу» для того чи іншого часового періоду дають, за свідченнями дослідників, до 76 % [10], але частіше – 70-75 % [3, 4, 11] виходу енергії у порівнянні із використанням тих самих сонячних модулів із двокоординатним трекером.

Проте через нестачу вільних площ, а також, з метою уникання можливого затінення конструкціями сонячних панелей сільгоспкультур або просто присадибних рослин, на подвір'ях приватних домогосподарств модулі СЕС намагаються суміщати із стінами та дахами наявних житлових та господарських будівель [8, 11].

## Список літератури

1. Зелений тариф // Вікіпедія : електронна енциклопедія. URL: [https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%84](https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%84) (дата звернення: 26.10.2022).
2. Маркин Я. Зеленый тариф для домашних СЭС: как заработать в 2022 году. 05.02.2022 // Kosatka.Media : веб-сайт. URL: <https://kosatka.media/category/blog/news/zelenyy-tarif-dlya-domashnih-ses-kak-zarabotat-v-2022-godu#:~:text=%D0%A2%D0%B0%D0%BA%2C%20%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B8%20%D0%B2%20%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BB%D0%B5%202022,3026%20%D0%BE%D1%82%2030.12.2021> (дата звернення: 26.10.2022).
3. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей : пер. с англ. Москва : Энергоатомиздат, 1983. 360 с.
4. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки. Москва : Энергоатомиздат, 1991. 208 с.
5. Пашенко В. Ф., Жесан Р. В. Виявлення факторів, що впливають на ефективність роботи перетворювачів сонячної та вітрової енергії у складі комбінованого геліовітроенергетичного агрегату в умовах Кіровоградського регіону. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2000. № 1. С. 86-92.
6. Бринкворт Б. Солнечная энергия для человека : пер. с англ. Москва : Мир, 1976. 291 с.
7. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии : пер. с англ. Москва : Энергоатомиздат, 1990. 398 с.
8. Казіміров О. О., Власов К. В., Оніпченко П. М., Костенко І. Л. Орієнтування сонячних панелей системи автономного електроживлення стаціонарного пункту управління. *Системи управління, навігації та зв'язку. / Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка*. 2021. Вип. 1(63). С. 45-48.
9. Остренко Д. О., Колларов О. Ю. Аналіз впливу кута нахилу сонячних панелей на роботу електричної мережі з використанням ВДЕ. *Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика»*. 2020. № 2(23). С. 70-76.
10. Мельник Л. Г., Маценко О. І., Терещенко В. С. Наукове обґрунтування підвищення техніко-економічної ефективності використання сонячної енергії. *Механізм регулювання економіки*. 2020. № 2. С. 121-130.
11. Колонтаєвський Ю. П., Тугай Д. В., Котелевець С. В. Фотоенергетика : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 160 с.

**Єлизавета Мелешко**, проф., докт. техн. наук, **Ганна Дресва**, аспірант, **Володимир Міхав**, аспірант

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: elismeleshko@gmail.com, gannadreeva@gmail.com, mihaw.wolodymyr@gmail.com*

## Програмна імітаційна модель комп'ютерної мережі для тестування алгоритмів маршрутизації трафіку

У цій роботі було створено програмну імітаційну модель комп'ютерної мережі на основі теорії складних мереж. Дана програмна імітаційна модель дозволяє генерувати структуру комп'ютерної мережі та симулювати рух трафіку між мережевими пристроями з метою тестування алгоритмів маршрутизації.

Складні мережі – це стохастичні мережі з нетривіальною топологією, що відрізняються від класичних стохастичних мереж наявністю невеликої кількості вузлів з великим числом зв'язків [1, 2]. Більшість реальних мереж – складні, наприклад, комп'ютерні, транспортні, екологічні, соціальні мережі тощо є складними.

У складних мереж є наступні основні властивості [1-4]:

1. Безмасштабність. Розподіл степенів вузлів (кількості зв'язків у вузлів) за степеневим розподілом.
2. "Тісний світ". Невеликий діаметр мережі.
3. Високий коефіцієнт кластеризації та високий коефіцієнт транзитивності. Якщо в соціальній мережі є учасники А, В та С, і є соціальні зв'язки між А та В, а також між А та С, то досить висока ймовірність, що у В та С також є соціальні зв'язки.
4. Гігантська зв'язна компонента. Тобто, більше 80% вузлів пов'язані між собою (в нашій моделі комп'ютерної мережі необхідна повна зв'язність).
5. Присутні ієрархічні зв'язки.
6. Присутні складні кластерні утворення (кліки, клани тощо).
7. Асортативність. В широкому розумінні асортативність – це виникнення зв'язків між вершинами, які чимось схожі між собою. У вузькому розумінні асортативність – це виникнення зв'язків між вершинами з великою кількістю зв'язків.

Комп'ютерна мережа у розробленій моделі представлена повнозв'язним неорієнтованим зваженим графом, в якому вузлами є маршрутизатори, а ребрами – мережеві зв'язки між ними. Вага ребер – величина обернена до пропускної спроможності каналу зв'язку. Вузли містять у собі черги, в яких розміщуються прийняті пакети перед визначенням маршруту його відправлення та відправкою на наступний вузол. Час у моделі представлений дискретними ітераціями. Маршрутизація здійснюється на основі алгоритму, який і необхідно протестувати на моделі.

У розробленій моделі передбачено два режими роботи:

- 1) на кожній ітерації генерується випадкова кількість пакетів трафіку з випадковими пристроями відправниками та одержувачами та здійснюється їх маршрутизація;
- 2) на першій ітерації однократно генерується деяка кількість пакетів трафіку з випадковими пристроями відправниками та одержувачами, на всіх наступних ітераціях здійснюється тільки їх маршрутизація.

Етапи роботи розробленої програмної імітаційної моделі комп'ютерної мережі:

**Етап 1.** Генерація структури комп'ютерної мережі (рис. 1) на основі моделі Барабаши-Альберт [5].

**Етап 2.** Перевірка чи отриманий граф мережі повнозв'язний. Якщо згенерований граф не повнозв'язний – додавання ребер між відокремленими частинами графу.

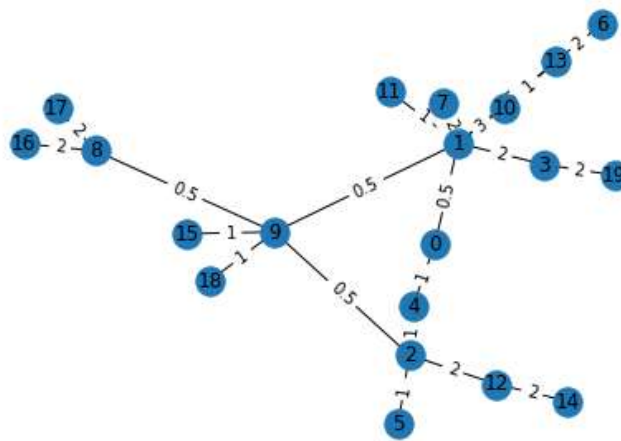


Рис. 1. Приклад структури комп'ютерної мережі, згенерованої у розробленій моделі, візуалізація графу виконана з застосуванням бібліотеки networkx

**Етап 3.** Присвоєння ребрам ваги, що залежить від, того, які вершини вони з'єднують – чим більше зав'язків у вузлів, які з'єднує ребро, тим менша вага цього ребра (і відповідно тим більша пропускна спроможність відповідного каналу зв'язку).

**Етап 4.** Генерація пакетів трафіку на відправку. На кожен вузол з деякою ймовірністю відправляється випадкова кількість пакетів з випадковими адресатами. Пристрій, що отримав пакети ставить їх у свою внутрішню чергу.

**Етап 5.** Тестування алгоритмів маршрутизації. Обирається алгоритм маршрутизації для тестування. Пакети трафіку, що стоять у чергах у вузлах мережі обслуговуються за допомогою обраного алгоритму маршрутизації. Моделюється рух пакетів по мережі. Якщо деякому пакету не вистачило місця у черзі деякого вузла – пакет втрачається. У моделі підраховуються всі отримані та втрачені пакети.

**Етап 6.** Завершення роботи моделі. Відбувається по досягненню заданої кількості ітерацій (наприклад, 1000 ітерацій), або якщо модель працює у другому режимі роботи, то умовою зупинки також може бути стан, коли всі черги порожні і всі пакети знаходяться серед розісланих чи втрачених.

На розробленій моделі було проведено тестування алгоритму маршрутизації OSPF, що заснований на технології відстеження стану каналу (link-state technology) і використовує для пошуку найкоротшого шляху алгоритм Дейкстри. Одержані результати показали працездатність розробленої моделі. В подальшому на розробленій моделі авторами будуть тестуватися покращення даного алгоритму.

## Список літератури

1. Barabási A.-L. Network science // Cambridge University Press. – 2018. – 475 p. – [Electronic resource] – Access mode: <http://networksciencebook.com/>
2. Снарский А.А., Ландэ Д.В. Моделирование сложных сетей: учебное пособие. – К.: Инжиниринг. – 2015. – 212 с. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dwl.kiev.ua/art/mss/>
3. Traag V.A. Algorithms and Dynamical Models for Communities and Reputation in Social Networks // Springer International Publishing. – 2014. – P. 229. – [Electronic resource] – Access mode: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06391-1>
4. Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamics of “small-world” networks // Nature, Vol. 393(6684). – 1998. – P. 440-442. – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.nature.com/articles/30918>
5. Barabási A.-L., Albert R. Emergence of scaling in random networks (англ.) // Science, Vol. 286, No. 5439. – 1999. – P. 509-512. – [Electronic resource] – Access mode: <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>

Ганна Дреєва, аспірант

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

e-mail: gannadreeva@gmail.com

## Метод маршрутизації на основі прогнозування завантаженості вузлів комп'ютерної мережі шляхом визначення фрактальної розмірності трафіку

У цій роботі було запропоновано удосконалений метод маршрутизації трафіку, який на відміну від існуючих враховує прогнозовану завантаженість маршрутизаторів шляхом визначення фрактальної розмірності трафіку, що надходила на них раніше. Фрактальна розмірність – це коефіцієнт, що описує фрактальні структури або множини на основі кількісної оцінки їх складності та дозволяє визначити деякі їх важливі властивості та прогнозувати їх майбутні значення [1, 2]. Фрактальну розмірність можна застосовувати для аналізу комп'ютерного трафіку [3]. Пропонується враховувати завантаженість маршрутизаторів та перенаправляти мережевий трафік на менш завантажені вузли мережі. Фрактальна розмірність трафіку визначається на основі бінарних часових рядів, де 1 – наявність IP-пакету на вході маршрутизатору в даний проміжок часу, 0 – відсутність IP-пакету на вході маршрутизатору в даний проміжок часу. Значення фрактальної розмірності дозволяє визначити чи збережеться деякий тренд у майбутньому чи ні. Наприклад, якщо маршрутизатор на даний момент часу завантажений і його внутрішня черга зайнята, можна визначити чи збережеться такий його стан у найближчому майбутньому, чи навпаки зміниться найближчим часом. Прогнозування завантаженості маршрутизатора є важливою задачею, адже у кожного маршрутизатора всередині є черга, у яку ставляться IP-пакети перед обробкою, і якщо ця черга переповнена, то наступні пакети, що надходять, вже не поміщаються в неї і просто втрачаються. Втрата IP-пакетів призводить до погіршення якості зв'язку та/або зменшення швидкості передачі даних, кількість і вид негативних наслідків залежить від типу протоколу передачі даних, що використовується (напр., UDP- та TCP-протокол будуть мати різні погіршення при втраті пакетів). Було запропоновано визначати ймовірність втрати IP-пакетів на основі прогнозованої завантаженості мережевого пристрою, виходячи з величини фрактальної розмірності трафіку, який надходив на вхід пристрою раніше. А одержану величину використовувати як додаткову метрику для побудови найкоротших шляхів у алгоритмі маршрутизації OSPF [4], заснованого на технології відстеження стану каналу та алгоритмі Дейкстри. Було проведено серію експериментів для перевірки ефективності запропонованого методу у програмній моделі комп'ютерної мережі при моделюванні середньої завантаженості мережі, що складалася з 20 вузлів. Застосування розробленого методу при заданих параметрах мережі дозволяло в середньому в 2 рази зменшити кількість втрачених пакетів даних.

### Список літератури

1. Roberts A., Cronin A. Unbiased estimation of multi-fractal dimensions of finite data sets // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 1996. – Т. 233, № 3-4. – 867 p.
2. Дреєв О.М. Умови застосування визначення фрактальної розмірності трафіку мережі // *Збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології»*, 24-25 березня 2016 року, м. Кіровоград: КНТУ, 2016. – С. 95.
3. Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Денисенко О.О. Визначення фрактальної розмірності числової послідовності за розподілом ймовірності значень її елементів // *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – Вип. 31. – С. 119-128.
4. Moy J. T. OSPF: Anatomy of an Internet Routing Protocol // Publisher: Addison-Wesley. – 1998. – 368 p.

## Автоматизація процесу визначення місця пошкодження при однофазному замиканні на землю

В електроенергетичній системі повітряні лінії (ПЛ) електропередачі є найменш надійним елементом. Це пов'язано з територіальною протяжністю ПЛ і впливом на них кліматичних факторів. Параметр потоку відмови для ПЛ на порядок вищий параметрів потоку відмов для трансформаторів та вимикачів [1].

Пошкодження ПЛ призводять до порушення режимів електропостачання та недовідпуску електроенергії кінцевим споживачам. Від того як швидко буде відремонтована пошкоджена ПЛ залежать збитки енергопостачальної компанії.

Прилади для визначення місць пошкоджень (ВМП) почали з'являтися в енергосистемах на початку 60-х років ХХ століття. До того ВМП проводилося шляхом обходу, об'їзду, іноді обльоту на гелікоптері, траси лінії. Ця робота потребує великої кількості часу та коштів, так як лінії мають протяжність до сотень кілометрів, а траса ліній часто пролягає крізь важкодоступну місцевість. До того ж місце пошкодження іноді погано помітне навіть зблизька. Ще складніше відбувається ВМП при самоусувному пошкодженні, при якому після автоматичного повторного ввімкнення (АПВ) лінія залишається у роботі. Інформація про такі пошкодження корисна ремонтним службам, оскільки зазвичай після них на ПЛ залишається ослаблене місце, яке у майбутньому може призвести до аварії. Усе це зумовило широке розповсюдження методів та засобів ВМП [2]. Однак зазвичай вони зводяться до визначення місця короткого замикання (КЗ). Нині більшість підстанцій (ПС) напругою 110 кВ і вище оснащено приладами ПМП. У ПрАТ «Кіровоградобленерго» ПС 150 кВ оснащені приладами «Рекон-07БС», котрі фіксують перехідний процес (ПП) під час КЗ, і на основі аналізу аварійних параметрів з точністю до 50–150 м каналом телемеханіки вказують черговому диспетчеру на місце пошкодження. Дані приводяться з власного досвіду роботи у енергорозподільчій компанії. Задokumentованих даних з оцінкою точності ВМП знайти не вдалося.

Мережі 6 – 35 кВ мають ізолюваний режим роботи нейтралі. Якщо розглядати даний режим роботи нейтралі з точки зору ВМП, слід відмітити відсутність залежності величини струму однофазного замикання на землю (ОЗЗ) від відстані до місця пошкодження. А так як саме цей принцип покладений у основу роботи пристроїв ВМП, автоматизований спосіб ВМП при ОЗЗ нині не розроблений [3]. Черговий персонал ПС має можливість отримати інформацію тільки про номер фідера, на якому сталося ОЗЗ. Цей процес може відбуватися у два способи:

1) за допомогою пристрою «Альтра-32», котрий автоматично визначає пошкоджене відгалуження, аналізуючи струми нульової послідовності кожного приєднання та напругу нульової послідовності на шинах ПС;

2) почерговим відключенням кожного приєднання і спостереженням за напругою нульової послідовності. Саме розробці методів ВМП при ОЗЗ у мережах з ізолюваною нейтраллю, як найменш розробленому напрямку ВМП, і присвячена дана робота.

Автори пропонують частотний метод визначення місця ОЗЗ в мережі з ізолюваною нейтраллю який базується на аналізі гармонійного складу струму ПП при ОЗЗ. А саме на спостереженні за зміною резонансної частоти мережі при ОЗЗ.

З метою дослідження даної проблеми була побудована модель мережі 35 кВ у середовищі «Matlab Simulink». Вона включає в себе (рис. 1):

- 1) блок понижуючого трансформатора «TDTN-63000/150/35/10» зі сторони живлення ліній;
- 2) блоки ліній (П-подібна схема заміщення) «Pi Section Line»;
- 3) блок понижуючого трансформатора «TRDNS-25000/35/10» на прийомній стороні досліджуваної лінії;
- 4) еквівалентну лінію «Equivalent Line», за допомогою якої враховується вплив ліній, що знаходяться на одних шинах з досліджуваною;
- 5) еквівалентне навантаження «Equivalent Load», за допомогою якого враховується вплив трансформаторів та навантажень мережі 35 кВ, з'єднаної з шинами досліджуваної ПС;
- 6) блок «Impedance Measurement», за допомогою якого здійснюється дослідження зміни імпедансу представленої на рисунку частини мережі в залежності від відстані до місця пошкодження, а отже і зміни власної резонансної частоти.

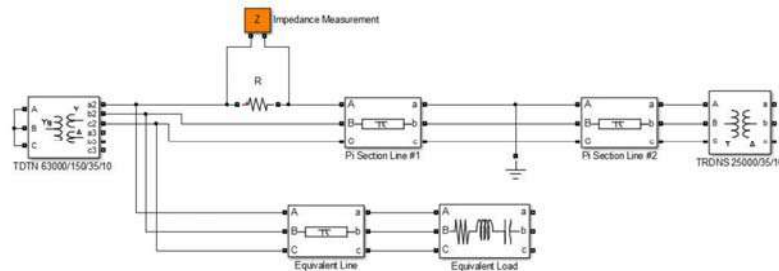


Рис. 1. Модель частини мережі 35 кВ у середовищі «Matlab Simulink», ОЗЗ на фазі А.

Проведені дослідження показали, що частота резонансу залежить від відстані від живлячої підстанції до місця пошкодження (рис. 2). На рисунку резонансні частоти вказані локальними мінімумами функції  $z = F(f)$ , де  $z$  – вхідний імпеданс мережі,  $f$  – частота.

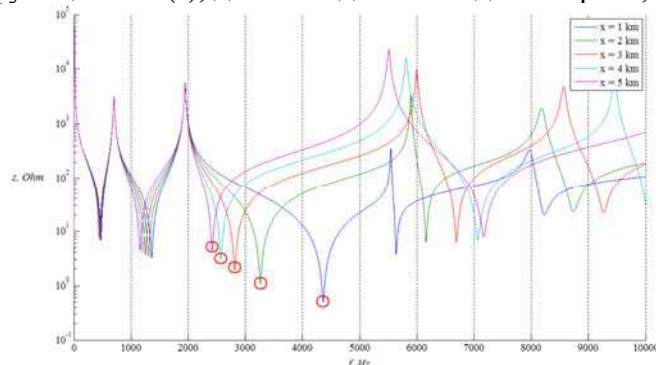


Рис. 2. Зміщення резонансної частоти мережі (виділено червоними маркерами) при різній відстані  $x$  до місця ОЗЗ (див. легенду).

Можна підбити підсумок про існування перспективного шляху вирішення проблеми автоматизації процесу ВМП у мережі 35 кВ. Напрямом подальшого дослідження автори бачать визначення функції  $f = F(L)$  зміни резонансної частоти  $f$  від відстані до місця ОЗЗ  $L$ . Це дасть можливість, зафіксувавши частоту вищих гармонік при ПП за допомогою фіксуючого пристрою на живлячій ПС (наприклад, за допомогою пристрою «Рекон-20ГС»), автоматизовано визначити відстань до місця пошкодження.

#### Список літератури

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П.. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для ВУЗов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
2. Аржанников Е.А., Лукоянов В.Ю., Мисриханов М.Ш.. Определение места КЗ на высоковольтных ЛЭП / Под ред. В.А. Шуина. - М.: Энергоатомиздат, 2003. - 272 с.
3. Беяков Ю.С.. Актуальные вопросы определения мест повреждения воздушных линий электропередачи. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2010. – 76 с. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 11(143)]. – с. 21 – 27.

## Розробка системи контролю переміщення центру мас робочої поверхні платформи Стюарта

Реалізація потенційних можливостей платформи Стюарта в галузі високоточного моделювання рухів динамічних об'єктів, стабілізації вимірювальних пристроїв на основі, що хитається, керування положенням робочих органів робота не можливе системи контролю переміщення центру мас робочої поверхні.

Безпосереднє вимірювання переміщення робочої поверхні платформи Стюарта в робочому просторі може здійснювати безплатформна інерціальна навігаційна система (БІНС), яка складається з акселерометра, гіроскопа і цифрового обчислювального пристрою. БІНС є універсальним джерелом, що надає повний набір навігаційних параметрів - прискорення, швидкості, координат, кутів положення об'єкта (рискання, тангаж, крен), кутові швидкості об'єкта і ряду інших допоміжних [1].

БІНС мають ряд істотних переваг, таких як: - висока інформативність; - універсальність системи, оскільки перехід до визначення тих чи інших параметрів навігації здійснюється алгоритмічно; - висока точність формування вихідної інформації; - висока швидкість видачі інформації; - істотне спрощення механічної частини системи і її компонування і, як наслідок, підвищення надійності системи; - висока стійкість до вібраційних і ударних впливів; - невеликі маса-габаритні параметри; - невелике енергоспоживання.

Основним недоліком БІНС є накопичення помилок з часом через те, що система інтегрує всі вхідні дані, включно з помилками. Так, швидкість руху обчислюється інтегруванням вимірюваного акселерометрами прискорення, і постійна помилка в цих вимірах призводить до постійно збільшується помилку швидкості. Помилки гіроскопів зумовлюють появу додаткових помилок у визначенні напрямку при вимірюванні прискорення і прискорення вільного падіння, а постійне інтегрування призводить до зростання цих помилок.

Підвищити точність визначення навігаційної інформації можливо при об'єднанні окремих навігаційних пристроїв в інтегровані навігаційні системи. В нашому випадку така система побудована на мікроелектромеханічних сенсорах (MEMS) з комплексуванням сигналів від магнітометра. При цьому, забезпечується сумісність усіх елементів конструкцій, оптимальна обробка інформації та фільтрація похибок вимірювань, широке структурне і міжсистемне резервування, єдине управління всіма підсистемами, уніфікований зв'язок, єдина система контролю і реєстрації, максимальна адаптивність до умов функціонування.

У разі, коли платформа Стюарта експлуатуються в заздалегідь відомих умовах та місця розташування, при цьому робоча поверхня платформи Стюарта здійснює відносно нерухомої основи невеликі переміщення, то цілий ряд методичних похибок БІНС легко компенсується, а точність її використання істотно зростає [2].

З структурної схеми (рис.1) видно, що до модуля І<sup>2</sup>С мікросхеми по лініях SDA та SCL підключені акселерометр LIS302DLH, гіроскоп L3GD20 і магнітометр LSM303DLH. Цифровий інтерфейс (І<sup>2</sup>С/SPI) виготовлений за допомогою CMOS процесу, який дозволяє високий рівень інтеграції в спроектовану спеціальну схему, яка розроблена, щоб відповідати характеристикам чутливих елементів. Дані, що з них надходять можна передавати на ПК за допомогою порту UART, підключивши модуль Bluetooth або USB.

L3GD20 – малопотужний кутовий трьохосовий датчик швидкості, гіроскоп компанії

STMicroelectronics [3]. Він має повну шкалу  $\pm 250/\pm 500/\pm 2000$  д.п. і здатний вимірювати швидкості з користувальницьким вибором смуги пропускання.



Рисунок 1 - Структурна схема БІНС визначення положення РП платформи Стюарта

*LIS302DLH* – надзвичайно малопотужний високопродуктивний трьох осьовий лінійний акселерометр, з цифровим стандартним виходом I<sup>2</sup>C/SPI послідовного інтерфейсу [4]. Він має динамічний вибір користувацької шкали  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$  і вона здатна вимірювання прискорення із вихідними даними передачі даних від 0,5 Гц до 1 кГц.

*LSM303DLH* являє собою систему в корпусі з 3D-датчиком цифрового лінійного прискорення і 3D цифровий магнітний датчик. Він має лінійне прискорення  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$  і магнітне поле  $\pm 1.3/\pm 1.9/\pm 2.5/\pm 4.0/\pm 4.7/\pm 5.6/\pm 8.1$  гауса, обидва повністю вибираються користувачем. LSM303DLH містить інтерфейс послідовної шини I<sup>2</sup>C що підтримує стандартний режим (100 кГц) і швидкий режим (400 кГц) [5].

Отримана інформація за допомогою алгоритму визначення положення AHRS виводиться на графічний інтерфейс користувача (ГІК). Після чого відбувається калібрування даних і їх повторне виведення в ГІК, для порівняння до і після підвищення точності вимірювання.

До мікроконтролера MSP430f5528IRGCR надходять дані з датчиків, які дрейфують. Компенсація дрейфу показників датчиків кутової швидкості здійснюється на основі показань акселерометрів, що вимірюють прискорення у вигляді проекцій на осі зв'язаної системи координат і показань магнітометрів. Відомі алгоритми виділення прискорення вільного падіння з прискоренням і інформація про швидкість руху об'єкта щодо земної системи координат дозволяють додатково визначити два кути повороту пов'язаної системи координат відносно земної і ще один кут (курс) визначається за показаннями трьохосового магнітометра. Далі застосовується компенсаційна схема на основі ПІ-регулятора, яка дозволяє фільтрувати наявні вимірювальні шуми акселерометрів і виділити та компенсувати помилки дрейфу гіроскопів.

### Список літератури

1. В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем — М.: Наука, 1992. — 278 с.: ил. ISBN 5-02-014284-0
2. The Dynamics of 3-dimentional micro-mechanic sensor of angle motions of a robot-hexapod / Osadchy S.I., Zozulya V.A., Rudiuk G. I. // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on. Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2015). Warsaw, Poland 2015, vol. 2, pp. 908-912.
3. L3GD20. URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l3gd20.pdf> (дата звернення: 31.10.2022)
4. LIS302DLH. URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lis302dl.pdf> (дата звернення: 31.10.2022)
5. LIS302DLH. URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lsm303dlhc.pdf> (дата звернення: 31.10.2022)

**Олександр Майданик**, аспірант, **Анатолій Мацуй**, проф., докт. техн. наук, Єлизавета **Мелешко**, проф., докт. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет м. Кропивницький, Україна e-mail: [maidanyksmail@gmail.com](mailto:maidanyksmail@gmail.com)*

## Дослідження альтернативних методів навігації дронів

На сьогоднішній день безпілотні технології все більше займають місце у сфері людської діяльності. Вже велика кількість безпілотників, як наземних так і в повітрі, замінюють важку та небезпечну роботу людини.

Електроніка в дронах грає ключову роль, так як, без неї ні один безпілотний апарат не зможе виконувати свої (навіть найпростіші) функції. Електронна частина, в основі якої лежить контролер польоту, побудований на одному або декількох мікроконтролерах, виконує функції стабілізації в просторі дрона та працюючи з блоками навігації (GPS) може виконувати політ з корисним навантаженням (камера, тепловізор, мультиспектральна камера), завдяки чому можна виконувати небезпечну або й неможливу роботу замість людини. На даний час розвиток дронів відбувається бурхливо та швидко, йдучи в ногу з розвитком електронної бази, але все ж деякі підходи потребують доопрацювання.

Вже значна частина дронів на глобальному ринку використовують складну систему керування, яка призначена підтримувати політ (мультиротори, квадрокоптери, літаки) з прямим керуванням людиною (пілотом) по радіоканалу або по заздалегідь прокладеному маршруту координат GPS. Загалом політ підтримується автоматично в одному з режимів (утримання висоти, утримання позиції, автоматичний політ по координатам). Без автоматичного керування на пряму пілотом політ неможливий, оскільки аеродинамічна схема мультироторів (квадрокоптерів, гексакоптерів, октокоптерів) дуже нестабільна. Отже потрібний обов'язковий контролер, який буде "орієнтуватися" в просторі та підтримувати політ за рахунок різного рівня тяги (обертів для вертикальної осі) окремих груп моторів. За орієнтування, як правило відповідає інерціальна система навігації, яка складається з гіроскопу, акселерометру, магнітного компасу та барометру. Допоміжною системою навігації є GPS-модуль, який в свою чергу приймає сигнал точного часу від штучних GPS-супутників Землі. Модуль системи глобального позиціонування обраховує точні координати позиціонування та висоту, що в сукупності дає можливість орієнтуватися в просторі.

Головною ланкою залишається мікроконтролер. Він як правило 32-х бітний на основі ARM ядра (або декілька мікроконтролерів). Мікроконтролер зі своєю керуючою програмою почергово зчитує показники з інерційної системи навігації, фільтрує та видає керуючі сигнали на двигуни. Самі керуючі сигнали обов'язково обраховуються алгоритмом ПІД-регулятора (пропорційно-інтегрально-диференціальний). Після такого набору електроніки та ПЗ, які автоматично підтримують політ, обробляються і виконуються команди керування від пілота.

Об'єктом дослідження в даній публікації є безпілотний літальний апарат (БПЛА), широко відомий як дрон (літак, квадрокоптер). За його допомогою виконують задачі спостереження за територією (охорона) та аеророзвідка (військові цілі). БПЛА є компонентом безпілотної авіаційної системи (БПАС), яка включає наземний контролер (пульт керування оператора) або наземну станцію (більш розширена та може мати в собі комп'ютер, монітори, модулі телеметрії) із системою зв'язку з БПЛА. Політ БПЛА може здійснюватися під дистанційним керуванням людини-оператора, як дистанційно пілотований літальний апарат (актуально в умовах постановки шумів або підміни координат глобальної системи позиціонування GPS), або з різним ступенем автономності, за допомогою автопілоту

або повністю автономного літального апарату, який не передбачає втручання людини (автоматичний політ по заздалегідь заданій місії).

Найбільш розповсюджена задача для дронів – це аерофотозйомка і аеророзвідка. БПЛА, який використовується в таких цілях має на своєму борту корисне навантаження відео систему з камери (або декількох камер), а в деяких випадках денну та нічну (тепловізійну камеру) і монтуються на окремій системі гіростабілізації камер (гіростабілізований підвіс).

Однак існуючі системи навігації, мають також серйозні недоліки, а саме нестійкість до завад та навмисного заглушення радіочастот керування та GPS-системи навігації. Для вирішення проблеми з навігацією можна використати зовнішній модуль навігації, який буде сумісний з наявними контролерами польоту та побудований на основі комп'ютерного бачення або інерційної системи навігації більшої точності (можлива їх комбінація). Блок-схема зовнішньої системи навігації зображено на рис.1.

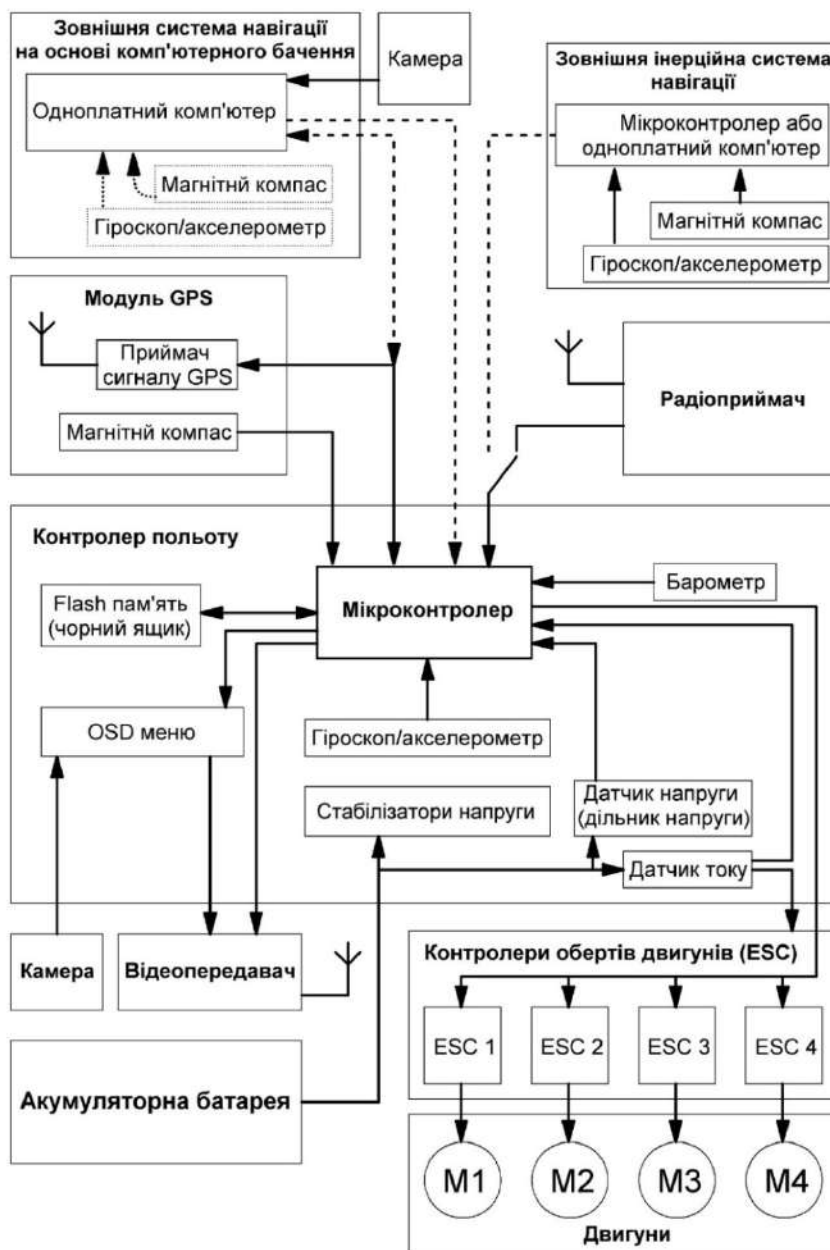


Рисунок 1 – Блок-схема зовнішньої системи навігації

Для ведення аерофотозйомки (аеророзвідки) у військових цілях є велика проблема з використанням GPS-модулів та радіозв'язку, через можливі завади (заглушення радіочастот керування, телеметрії, GPS), перехвату керування або підміни координат GPS. У випадку з радіозв'язком можна використовувати нестандартне шифрування при передачі даних. Це дозволить виключити перехват керування, але при подавленні радіочастот також постраждає і GPS-система навігації, яка у БПЛА використовується як основна для позиціонування та польоту за маршрутом (автоматичного польоту). Це досить серйозна проблема, тому як, БПЛА при зникненні координат виконує посадку. При підміні координат (більш потужний радіосигнал із завідома хибними даними) дрон маневрує не туди куди треба тому дуже висока вірогідність втрати безпілота.

Для вирішення цієї проблеми використовують інерційну систему навігації. Вона повністю пасивна та не потребує ніяких радіосигналів через те, що побудована на основі датчиків положення в просторі (гіроскопа), акселерометра (прискорення) та магнітного компаса (напрявлення). Гіроскоп дає значення горизонту та калібрується акселерометром. З показань акселерометра відносно часу рахується швидкість та пройдена відстань. Відносно цих даних можна здійснювати пасивно (без радіообміну) автоматичний політ. Але в такій навігації є велика проблема з точністю. При проходженні маршруту інерційна система навігації (ІНС) накопичує дуже велику похибку та не виконує політ з допустимим відхиленням.

Через недоліки з точністю ІНС використовують лише для стабілізації польоту, а для точного позиціонування систему глобального позиціонування GPS.

В якості захисту від радіоелектронної боротьби (РЕБ) можна використати зовнішні модулі навігації, які дозволили б вимикати радіомодулі та виконувати політ повністю автоматично.

Для найкращого результату точності навігації можна застосувати окремий блок на основі комп'ютерного бачення. Такий навігаційний блок повинен бути на основі одноплатного (мікроконтролер не підходить через низьку обчислювальну здатність для такої задачі) комп'ютера та камери, яка спрямована вниз. Камера знімає місцевість та запам'ятовує її для подальшого порівняння при проходженні маршруту повернення (актуально для режиму повернення в радіомовчанні). Також дану систему можна використовувати з попередньо завантаженою картою (зображення) місцевості.

Для кращого результату до блоку комп'ютерного зору можна додати інерційну навігаційну систему. Таким чином якщо навігація за зображенням даватиме хибні дані, то відносно ІНС можна коректувати маршрут. Такий підхід значно підвищить надійність.

Аналізуючи будову контролера польоту можна підключити окрему систему навігації через перемикач з приймачем радіосигналу керування просимулюючи його протокол обміну даними. Це дасть змогу відключити приймач при поганому сигналі зчитуючи значення якості сигналу від приймача. У випадку коли сигнал поганий (при роботі РЕБ або поганого сигналу) окремий модуль ІНС перемикає шину даних на себе та веде БПЛА командами керування далі. Таким чином можна продовжувати маршрут та виходити з зони дії РЕБ. Зовнішній модуль ІНС побудований на основі окремого мікроконтролера (одноплатного комп'ютера) дає змогу з більшими обчислювальними можливостями (процесор займається обчислюванням лише навігаційної інформації) обробляти дані з датчиків ІНС та застосовувати більш якісні цифрові фільтри та мікросхеми гіроскопів, акселерометрів та компасів з можливим дублюванням за різними діапазонами вимірювання.

Навігація дронів також зупинилась на використанні GPS-модулів, які вразливі до завад (умисного заглушення), підміни координат та погодних умов. Перспективою подальшого дослідження є покращення автоматичних режимів шляхом використання окремого зовнішнього блоку на основі комп'ютерного бачення або інерційну систему більшої точності (або їх поєднання).

**Валентин Калиновський**, бакалаврант, **Єлизавета Мелешко**, проф., докт. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
email: nakama3942@gmail.com, elismelashko@gmail.com

## Дослідження основоположних методів побудови графічних інтерфейсів користувача у різних середовищах розробки та їх порівняння

У цій роботі були розглянуті наступні середовища розробки графічних інтерфейсів: Qt, WindowsForms, Javafx. Ці інструменти є найпотужнішими й використовуються у найпопулярніших мовах. Але слід узагальнити, що Qt – це не тільки середовище розробки, а в першу чергу набір бібліотек для розробки графічних інтерфейсів і не тільки, й для них компанія The Qt Company випустила середовище розробки Qt, яке ідеально інтегроване з бібліотеками Qt. WindowsForms – це теж бібліотека для розробки графічних інтерфейсів, але на відміну від Qt, WindowsForms використовується у Visual Studio для розробки Windows-додатків. Javafx – це ціла платформа та набір інструментів для розробки графічних програм та навіть веб-інтерфейсів. Ці інструменти є невід’ємними та значними частинами середовищ розробки, а тому під середовищем розробки частіше натякають на ці самі інструменти. Як вже було сказано, Qt – набір бібліотек та інтегроване середовище розробки програм з графічним інтерфейсом. Для написання коду програм використовується мова C++. Середовище розробки забезпечується наступними інструментами: QtCreator, QtDesigner, QtLinguist, QtAssistant, qDebug, qMake та набором бібліотек Qt.

QtCreator – повноцінна IDE з редактором коду, яка об’єднує та інтегрує усі наступні інструменти у собі; QtDesigner – візуальне середовище для створення графічних інтерфейсів у форматі ui, який кодується розміткою XML; QtLinguist – візуальне середовище для перекладу програм на інші мови; QtAssistant – візуальне середовище для написання довідкових систем користувацьких Qt бібліотек; qDebug – зневаджувач, який інтегрує системний зневаджувач від C++ компілятора до QtCreator; qMake – зручний аналог CMake, який можна запустити тільки з QtCreator.

Qt підтримує можливість створення інтерфейсів як через Дизайнер, так і через код. Якщо почитати історію створення фреймворку, спочатку з’явилися саме бібліотеки, а вже тільки після їх написання на їх основі були написані усі візуальні середовища та IDE у цілому.

C++ – мова крос-платформова, а тому і IDE Qt є крос-платформовим. У Qt можна писати графічні програми під будь-яку платформу – Linux, Windows, Mac тощо. Все залежить від обраного компілятора. Також, завдяки тому, що програми написані на C++, вони, зазвичай, швидші, ніж аналогічні, написані іншою мовою та фреймворком.

Центральною ідеєю Qt є система сигналів та слотів [1, 2]. Забезпечує цю систему Метаоб’єктний компілятор [2]. На цій системі засновано увесь функціонал Qt. Без знань, як працюють сигнали та слоти писати програми з Qt неможливо.

*Сигнал* – результат, який випромінюється кожний раз, коли певним чином змінюються властивості об’єкту. *Слот* – звичайна функція, яка зв’язана з певним сигналом певного об’єкту. Наприклад, після натискання кнопки `buttonStartDownload` (об’єкт класу `QPushButton`) випромінюється сигнал `clicked`, після чого викликається й виконується функція `startDownload`. Зв’язати сигнал та слот можна за допомогою коннекту:

```
connect(buttonStartDownload, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(startDownload()));
```

Якщо слот додається через Дизайнер, то такий зв’язок генерується IDE автоматично. Якщо ситуація специфічна – коннект потрібно прописувати власноруч. На цій системі

побудовано увесь Qt. Qt також підтримує “прив’язки” і до інших мов: Python – PyQt, PySide; Ruby – QtRuby; Java – QtJambi; PHP – PHP-Qt тощо [2]. Але, окрім Python, Qt не знайшов популярності й з часом інші мови у цьому фреймворці втрачали підтримку й зараз можливо використати тільки застарілі версії бібліотеки, що вже не підтримуються. До того ж довідкова інформація з часом оновлюється під нові версії, тому використовувати Qt на інших мовах, окрім C++ та Python, можливо, але складно.

PyQt відрізняється від PySide ліцензуванням. The Qt Company поширює ліцензію на свій продукт не безкоштовно, але є і безкоштовна ліцензія. Річ у тім, що при використанні безкоштовної ліцензії Qt поширювати власний продукт можна тільки безкоштовно, і для комерційного використання потрібно купувати платну ліцензію. Цей сценарій стосується як Qt/C++, так і PyQt/Python. На C++ програми можливо поширювати тільки таким чином. Але на Python є другий варіант – можна використати PySide. Він теж використовує Qt, але має інше, більш вільне, ліцензування, чому поширювати програми з використанням цієї бібліотеки можливо як завгодно: як безкоштовно, так і комерційно.

QtCreator, як IDE, підтримує у собі мови C++ та Python. Через MaintenanceTool можна встановити багато іншого функціоналу, наприклад, CMake, Ninja, додаткові бібліотеки для розробки веб-додатків, Android-додатків, різні компілятори тощо. Там вибір дуже великий. І саме головне – це займає небагато місця й використовує небагато ресурсів: 1-2 Гб на жорсткому диску та ~500-700 МБ оперативної пам’яті. Завантажений додатковий функціонал впливає тільки на зайнятий простір на жорсткому диску (окрім засобів для розробки під Android, для запуску емуляторів якого потрібна оперативна пам’ять). Якщо порівнювати з іншими IDE для інших фреймворків, то це, наприклад, PyCharm для PyQt та IntelliJ IDEA для Javafx від однієї компанії – JetBrains – вони займають ~2 Гб на жорсткому диску, але потреби до оперативної пам’яті більші: мінімально 2 Гб, рекомендовано 8 Гб. А з навантаженими плагінами IDE потребує ще більше оперативної пам’яті, ресурсів процесора та швидкість роботи уповільнюється. Найвимогливішою є Visual Studio для WindowsForms – займає мінімум 10 Гб на жорсткому диску й потребує мінімум 4 Гб оперативної пам’яті. Якщо ж обирати серед мов, то на C++ є лише один вибір – QtCreator. Він ідеально інтегрує усі інструменти у собі для розробки Qt-додатків. Інші IDE краще не обирати, так як розроблювати через них Qt-додатки набагато складніше. Але для Python усе навпаки. В Python все одно додатково потрібно встановлювати PyQt/PySide і у цьому випадку QtCreator виступає лише як IDE і не надає бібліотек, як це робить для C++. До того ж окрім PyQt/PySide потрібно встановлювати pyqt-tools, який у своєму комплекті надає QtDesigner, а тому необхідність у використанні QtCreator відпадає повністю. Для Python-додатків можна використати будь-яку IDE (наприклад, PyCharm), створювати графічні вікна у QtDesigner, конвертувати їх з ui-файлу до py-файлу за допомогою утиліти ruicb і використовувати конвертований файл у своїх python-проектах.

У PyQt/PySide залишається все та сама система сигналів та слотів, а тому через новий підхід до розробки графічних інтерфейсів складніше її використовувати. Складніше у тому сенсі, що тут немає її автоматичної генерації. У Python потрібно завжди власноруч прописувати коннекти між сигналами та слотами.

Повернемося до попереднього прикладу з кнопкою buttonStartDownload. Якщо наш метод не приймає аргументів (окрім self), чи приймає у аргументи повернуті значення із сигналів, то оголосити коннект можна наступним чином:

```
self.buttonStartDownload.clicked.connect(self.startDownload)
```

Інакше, коли потрібно передати певне значення не з сигналу, використовується наступний синтаксис:

```
self.buttonStartDownload.clicked.connect(lambda: self.startDownload(arg))
```

Між C++ та Python краще обирати Python, так як він надає окрім Qt дуже зручну систему бібліотек, через що на PyQt/Python можна написати будь-яку програму у прямому сенсі. Також треба відмітити що UI інтерфейси підтримують QSS – Qt Style Sheets – повний аналог CSS. Тому у Qt можна у реальному сенсі робити будь-які програми, як у

функціональному плані, так і у графічному. З використанням PyQt можна написати дуже красиві та багатофункціональні програми, тоді як C++ обмежений тільки тими бібліотеками, які надають Qt та std, через що додатки, написані на Qt/C++ можуть бути такі ж красиві, але менш функціональні програми. Але C++ буде набагато швидшим за Python, тому Qt/C++ краще використовувати у тих програмах, які виконують багато складних розрахунків, чи роблять якісь інші великі навантаження на систему. WindowsForms використовує мову програмування C#. Мова C# використовується для програмування додатків під NET Framework, який у свою чергу підтримується тільки операційною системою Windows. Тобто WindowsForms (та й узагалі C# та NET Framework) лишають програмістів крос-платформовості. Програмуються WindowsForms, C# та NET Framework додатки у Visual Studio на Windows. Visual Studio ідеально інтегрує ці інструменти.

WindowsForms містить багато графічних елементів, як і Qt, а зібрані програми не мають додаткових бібліотек і важать сотні КБ, у той час коли програма, написана на Qt/C++ займає 1 МБ і потребує додаткових бібліотек на 24 МБ поряд із executable файлом.

Крос-платформовість до WindowsForms може надати фреймворк Mono. Це крос-платформовий аналог NET Framework. Можна використовувати його, але він надає дуже мало графічних елементів, які складно використовувати. Самі скомпільовані програми мають малу вагу тільки на Linux, а на Windows потребують додаткових бібліотек, через що програма починає важити з добрі 10 МБ.

Якщо важливо писати програми тільки під Windows без крос-платформовості й важливий остаточний обсяг програми, краще обрати WindowsForms. У іншому випадку - PyQt/PySide. Він і крос-платформовість забезпечить, і програму можна запустити напям у інтерпретатор без компіляції, що залишить невеликий обсяг програми.

Іще однією причиною вибору може бути перехід з ігрової індустрії, коли розробник до цього використовував Unity з C# і у програмній індустрії йому не важлива крос-платформовість. Контраргументом може послугувати той самий приклад, тільки розробник до цього використовував Unreal Engine із C++. У цьому випадку очевидним вибором буде Qt/C++.

Javafx використовує мову програмування Java. Java використовує власну віртуальну машину Java – JVM – Java Virtual Machine. На відміну від NET Framework, JVM забезпечує крос-платформовість, а для запуску програми її навіть не потрібно компілювати, як і Python. Javafx можна було б порівнювати з PyQt, але це буде все-таки не правильно.

Python інтерпретується й виконується на реальній машині (venv нехай і називається віртуальним середовищем, але він віртуалізує інтерпретатор, і програма все ж як і раніше запускається на головній машині).

Java ж обрала такий шлях, як і C#: обидві мови запускаються на віртуальній машині (Java - JVM; C# - NET Framework), але Java не потребує компіляції, а C# потребує.

Так, усі три мови потребують попередньо встановленого додаткового програмного забезпечення: Python – інтерпретатор, Java та C# – віртуальну машину, але інтерпретатор може відразу запускати сирі програми, а для віртуальних машин потрібні ще додаткові середовища розробки. Наприклад, для розробки Java додатків потрібен JDK – Java Development Kit, а для запуску Java – JVM. Також, Java та C# підтримують один однаковий стиль програмування – тільки ООП, у той час як Python та C++ підтримують багато парадигм, що зменшує поріг входу.

Найголовнішим мінусом Java є те, що ця мова використовується у невеликій сфері програмування. Раніше це була бізнес-сфера та Android, але з 2019 року Google оголосила перехід на Kotlin, а тому Java на Android використовується тільки для підтримки старих додатків. Отже за Java залишилась лише сфера бізнесу. І якби не було написано сотні мільйонів строчок коду на Java, то скоріше б Java втратила б і цю сферу і мова б стала забутою. Якщо казати конкретно про Javafx, то на відміну від усіх вищеописаних фреймворків це єдиний фреймворк, який не надає візуального середовища розробки інтерфейсу. У Javafx все потрібно описувати у коді аж до прописування конкретного

розташування у пікселях для кожного елементу. Все це дуже складно врахувати, до того ж складність додають обмеження мови та налаштування JDK. Це робить Javafx дуже небажаним фреймворком для програмування графічних інтерфейсів, а WindowsForms краще використовувати, коли нема потреби у крос-платформеності. У всіх інших випадках краще обирати Qt.

Як використати реалізований графічний інтерфейс у програмі? IDE Qt ідеально інтегрує усі інструменти для C++, як і Visual Studio для WindowsForms і C#. У цьому плані PyQt програє. Після реалізації інтерфейсу можна просто натиснути правою кнопкою миші по потрібному елементу й на вкладці “Перейти до слота” обирається потрібний сигнал, наприклад, clicked. Далі IDE автоматично все зробить за користувача і відкриє вікно редагування слота, де програміст може ввести код. Подібно до цього реалізовано функціонал і у Visual Studio, тільки обирати потрібний сигнал потрібно на відповідній вкладці з правої сторони у характеристиках графічного елемента.

При написанні програми на Python реалізовувати коннекти сигналів та слотів потрібно власноруч, але якби Python був так само інтегрований, як C++, то різниці між мовами все одно б не було.

Але механізм реалізації інтерфейсу програми ідентичний між мовами Python та C#, а не C++ та C#. Насправді ж, C++ використовує XML схему вікна програми напямую, а C# для побудови вікна використовує сам себе. Тобто інтерфейс будується у візуальному середовищі, яке потім інтерпретує графічне представлення у C# код, у якому оголошується кожен графічний елемент окремо, задаються йому координати розташування, характеристики тощо, і потім цей файл використовується файлом з кодом, який реалізовує функціонал графічних елементів. Тобто, по суті, програміст може власноруч описати цей файл, без використання візуального середовища, але це набагато складніше й робить розробку, схожою на використання Javafx. C++ теж підтримує розробку інтерфейсу через код, але він для цього все одно формує UI файл з XML кодом.

Python, як і C# для відображення вікна потребує зрозумілий йому синтаксис, тому перед використанням UI файлу його потрібно перевести в ру-файл утилітою руісб. Утиліта переводить XML-код в Python-код, який схожий на C#. В ру-інтерфейсі кожен графічний елемент теж оголошується у класі вікна, задаються координати, характеристики тощо. У C# клас з описом вікна (Form1) успадковується від головного класу вікна (Form), доповнюючи його описом вікна, а головний клас вікна (NameWindow), який запускає відображення вікна і реалізовує увесь функціонал, успадковується від класу з описом вікна (Form1), щоб цей самий головний клас мав доступ до цих самих графічних елементів. Аналогічно і у Python, тільки клас вікна успадковується від QMainWindow, а головний клас програми з вікном успадковується і від QMainWindow, і від класу вікна. C++ у цьому випадку не успадковується від класів вікна, так як він UI файл використовує напямую, а тому головний клас програми успадковується лише від QMainWindow. І, як вже було сказано вище, за потреби усі мови та фреймворки підтримують модифікацію інтерфейсу через код. У цьому випадку у Javafx у недоліку відсутності візуального середовища є плюс – структура проекту. У програми, що використовує даний фреймворк, є найпростіша структура. Після створення проекту в IDE (наприклад, IntelliJ IDEA) створюється шаблон і відразу все знаходиться в одному файлі.

На одне вікно один файл, у той час, як у C++ та Python створюються по три файли (NameWindow.ui, NameWindow.hpp, NameWindow.cpp у C++ та NameWindow.ui, ui\_namewindow.py, namewindow.py у Python), а у C# по два (NameWindow.Designer.cs та NameWindow.cs). У C++ та C# назви генеруються автоматично, достатньо дати назву самому об’єкту вікна у властивостях вікна у візуальному середовищі розробки. У випадку з Python назва об’єкту не впливає на назву файлу.

Назву файлу програміст задає сам. Також програміст це робить і для двох інших файлів, але назви краще давати зрозумілі, щоб було ясно, за що ці файли відповідають: NameWindow.ui – файл дизайнеру, ui\_NameWindow.py – конвертований файл графічного

представлення у python-код, *NameWindow.py* – файл опису логіки мовою Python без втручання у графічну складову. Всі середовища розробки головною парадигмою обирають об'єктно-орієнтоване програмування (ООП), так як саме у ООП найлегше реалізувати структуру проекту. Представляти кожен графічний елемент окремим об'єктом – досить просто. А тому навіть у Qt з мовами програмування C++ та Python, які підтримують мультипарадигмовість, необхідно писати код в ООП, так як вже саме вікно є класом і кожен його графічний елемент є об'єктом. Звичайно ж, трохи розібравшись із системою сигналів та слотів, можна писати код і далі у парадигмі функціонального програмування, але це зменшує читаність та красу коду. А тому складність написання програм як недолік Java та C# можна нівелювати тим самим підходом в Qt. Але треба відмітити, що можливість писати код в C++ та Python як завгодно, навіть якщо це не правильно, не залишається не заміченою і дає плюс цим мовам.

Що стосується редагування вікна без візуального середовища – це можливо тільки у Visual Studio. IDE Qt блокує редагування UI файлу, так як він використовує XML розмітку. Для C++ це єдиний варіант, а для Python файл проходить переклад між мовами XML-Python, тому після конвертації всі зміни будуть втрачатись. Через що такий трюк проходить тільки з C#. І у цю компанію можна віднести Javafx, у якому увесь автоматизований процес потрібно виконувати вручну – все, що можна зробити у візуальному середовищі, потрібно прописувати у коді, як це схоже на роботу з C# чи Python.

Підведемо підсумок досліджень. Було розглянуто Qt/C++, PyQt, PySide, WindowsForms, Mono та Javafx. Mono взагалі має мало графічних елементів і не підтримує багато функціоналу, тому пропустимо його. Javafx підтримує тільки ручний опис інтерфейсу; Qt/C++, PyQt та WindowsForms підтримують візуальні середовища розробки, але у PyQt вони не інтегровані. Qt/C++ компілюється під кожен операційну систему, PyQt запускається через інтерпретатор на будь-якій системі, WindowsForms та Javafx запускаються на віртуальних машинах, але JVM підтримує крос-платформовість, а NET Framework – ні. Використання усіх фреймворків має великий поріг входу, так як Javafx та WindowsForms використовують мови програмування, поріг входу яких сам по собі високий, через використання ООП без підтримки інших парадигм, а у випадку Qt, тут сам фреймворк дуже складний, так як він надає найбільший функціонал серед усіх фреймворків. Найкрасивіші та найфункціональніші програми будуть реалізовуватись при використанні PyQt, а найкрасивіші та найшвидші з використанням Qt/C++. WindowsForms, Javafx, та PyQt програми займають мало місця. WindowsForms та Qt/C++ компілюються, Javafx та PyQt запускаються напівпрямую. Найпростіша структура проекту в Javafx, найскладніша в PyQt, до того ж через відсутність інтеграції Python в Qt – всю цю структуру проекту треба створювати вручну, у той час як у інших фреймворках цей процес автоматизований. PySide поділяє усі переваги та недоліки з PyQt, відмінні у них тільки ліцензія. PyQt та Qt/C++ можна поширювати тільки безкоштовно, а для комерційного розповсюдження потрібно придбати ліцензію.

Всі інші фреймворки вільні – додатки на PySide, WindowsForms, Javafx можна поширювати як безкоштовно, так і комерційно.

#### Список літератури

1. Офіційна документація Qt. URL: <https://doc.qt.io/>
2. Калиновський В.М. Графічний інтерфейс користувача. *Перспективні напрямки розвитку сучасних інформаційних систем та технологій*: зб. матеріалів всеукр. наук.-практ. студ. конф., 23-28 лист. 2021 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. - 47 с.

Анна Мельник, бакалаврант, Даниїл Берестенко бакалаврант  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
email: mselnikanna@gmail.com , berestenkodaniilki212@gmail.com

## Дослідження методів машинного навчання

**Машинне навчання (Machine learning, ML)** – набір методів та алгоритмів в області штучного інтелекту, які застосовують, щоб створити машину, яка вчиться на власному досвіді.

В якості навчання машина обробляє величезні масиви вхідних даних і знаходить у них закономірності.

Машинне навчання покликане давати максимально точні прогнози на підставі вхідних даних, щоб власники бізнесів, маркетологи і співробітники могли приймати правильні рішення в своїй роботі.

В результаті навчання машина може передбачати результат, запам'ятовувати його, відтворювати за необхідності, вибирати кращий із декількох варіантів.

**Методи машинного навчання.** У найзагальнішому випадку розрізняють два типи машинного навчання: навчання по прецедентах, або індуктивне навчання, і дедуктивне навчання.

Оскільки останнє прийнято відносити до області експертних систем, то терміни «машинне навчання» і «навчання за прецедентами» можна вважати синонімами.

Цей метод навчання зараз, як прийнято говорити, в тренді, а ось експертні системи переживають кризу.

Бази знань, що лежать в їх основі, важко узгоджувати з реляційною моделлю даних, тому промислові СУБД неможливо ефективно використовувати для наповнення баз знань експертних систем.

Навчання за прецедентами, в свою чергу, поділяють на три основні типи: контрольоване навчання, або навчання з учителем (supervised learning), неконтрольоване навчання (unsupervised learning), або навчання без учителя, і навчання з підкріпленням (reinforcement learning).

Крім названих, розробляються і інші методи навчання: активне, багатозадачне, різноманітне, трансферне і т.д.

Особливо успішно розвивається в останні роки «глибоке навчання», при використанні якого можуть успішно поєднуватися алгоритми навчання з вчителем і без вчителя.

**Контрольоване навчання.** Цей метод навчання застосовується у випадках, коли є великі обсяги даних, припустимо – тисячі фотографій домашніх тварин з маркерами (мітками, ярликами): це кішка, а це собака.

Необхідно створити алгоритм, за допомогою якого машина могла б за фотографією, яку «не бачила» раніше, визначити, хто на ній зображений: кішка або собака.

У ролі «вчителя» в даному випадку виступає людина, яка заздалегідь поставила маркери.

Машина сама вибирає ознаки, за якими вона відрізняє кішок від собак. Тому в подальшому знайдений нею алгоритм може бути швидко переналаштований на рішення іншої задачі, наприклад, на розпізнавання курей і качок.

Машина знову-таки сама виконає складну і копітку роботу по виділенню ознак, за якими буде розрізняти цих птахів. А нейромережу, яку навчили розпізнавати кішок, можна швидко навчити обробляти результати комп'ютерної томографії.

**Неконтрольоване навчання.** Хоча маркованих, розмічених даних накопичилося вже досить багато, даних без маркерів (міток) все ж набагато більше. Це зображення без підписів, аудіозаписи без коментарів, тексти без анотацій.

Завдання машини при неконтрольованому навчанні – знайти зв'язку між окремими даними, виявити закономірності, підібрати шаблони, упорядкувати дані або описати їх структуру, виконати класифікацію даних.

Неконтрольоване навчання використовується, наприклад, в рекомендаційних системах, коли в Інтернет-магазині на основі аналізу попередніх покупок покупцеві пропонуються товари, які можуть зацікавити його з більшою ймовірністю, ніж інші. Або коли на після перегляду якогось відеокліпу на порталі YouTube відвідувачеві пропонують десятки посилань на ролики, чимось схожі на переглянутий. Або коли Google у відповідь на один і той же запит ранжує посилання в результатах пошуку для одного користувача інакше, ніж для іншого, оскільки враховує історію пошуків.

**Навчання з підкріпленням.** Таке навчання є окремим випадком контрольованого навчання, але вчителем в даному випадку є «середовище».

Машина (її в цій ситуації часто називають «агент») не має попередньої інформації про середовище, але має можливість здійснювати в ній будь-які дії.

Середовище реагує на ці дії і тим самим надає агенту дані, які дозволяють йому реагувати на них і вчитися.

Фактично агент і середовище утворюють систему зі зворотним зв'язком. Використовується, наприклад, в системах навігації для роботів, які навчаються уникати зіткнень з перешкодами шляхом набуття досвіду, отримуючи зворотний зв'язок при кожному зіткненні.

Навчання з підкріпленням використовується також в логістиці, при складанні графіків і плануванні завдань, при навчанні машини логічним іграм (покер, нарди, тощо).

Найчастіше нейрони розташовуються в мережі за рівнями (їх ще називають шарами). Нейрони першого рівня – це, як правило, вхідні. Вони отримують дані ззовні (наприклад, від сенсорів системи розпізнавання осіб) і після їх обробки передають імпульси через синапси нейронів на наступному рівні.

Нейрони на другому рівні (його називають прихованим, оскільки він безпосередньо не пов'язаний ні з входом, ні з виходом ANN) обробляють отримані імпульси і передають їх нейронам на вихідному рівні.

Оскільки мова йде про імітацію нейронів, то кожен процесор вхідного рівня пов'язаний з декількома процесорами прихованого рівня, кожен з яких, в свою чергу, пов'язаний з декількома процесорами рівня вихідного.

Така архітектура найпростішої ANN, яка здатна до навчання і може знаходити прості взаємозв'язку в даних.

Глибоке (глибинне) навчання може бути застосоване лише по відношенню до більш складних ANN, що містить кілька прихованих рівнів.

При цьому рівні нейронів можуть чергуватися з шарами, які виконують складні логічні перетворення. Кожен наступний рівень мережі шукає взаємозв'язки в попередньому. Така ANN здатна знаходити не тільки прості взаємозв'язки, а й взаємозв'язки між взаємозв'язками.

Саме завдяки переходу на нейромережу з глибинним навчанням компанії Google вдалося різко підвищити якість роботи свого популярного продукту «Перекладач».

#### Список літератури

1. Штучний інтелект, машинне навчання та нейронні мережі: в чому різниця і для чого їх використовують – URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/machine-learning-overview.html>
2. Machine Learning, ML – URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/machine-learning>
3. Як працює machine learning та його застосування на практиці – URL: <https://nachasi.com/tech/2019/01/31/yak-pratsyuye-machine-learning/>

**Віталій Кривохижа**, бакалаврант, **Єлизавета Мелешко**, проф., докт. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: vvvetal2003@gmail.com, elismelashko@gmail.com

## Гнучкі методології розробки програмного забезпечення в управлінні IT-проектами

### Вступ

Сучасний світ вимагає стандартизації підходів до управління проектами. Управління IT-проектами відбувається як за допомогою класичного підходу до управління, так і за допомогою підходів до управління, які спрямовані на роботу з високим ступенем невизначеності.

Так сьогодні пропонується ряд гнучких методологій управління проектами з широким спектром інструментів для досягнення цілей проекту.

Варто виділити сімейство гнучких методологій Agile, до якого належать ітераційно-поступові методи управління, такі як Scrum, Lean, Kanban, eXtremeProgramming тощо.

### Scrum

Скрам – гнучкий метод, що базується на емпіричній теорії та ітеративний, дозволяє будувати продукт IT-проекту, починаючи з найважливіших частин.

Функціональність IT-проекту визначається за пріоритетами та планується в ітеративних інтервалах.

Затрачений час в методиці називається *спринт*. Власник продукту, ScrumMaster, команда розробників.

Опис завдання функціональність визначається поверхнево за допомогою історій користувачів. (UserStories), що дозволяє команді розробників створювати відносно гнучку імплементацію.

Кожна ітерація розробки (спринт) виконується шляхом презентації реалізованих частин функціоналу клієнту і власнику продукції та безпосередньою доставкою заготовки продукту.

Це дозволяє власнику продукту проаналізувати реалізовані частини проекту та адаптувати завдання наступної ітерації відповідно до побажань клієнта.

Таким чином, замовник може безпосередньо контролювати виконання IT-проекту та впливати на його хід, вносячи зміни до переліку вимог для досягнення цілей проекту та максимізації вартості його виконання.

Скрам-майстер стежить за дотриманням процесів, чітко визначених ним.

### LEAN

Lean – це досить абстрактна методологія, але ефективний управлінський підхід, який спрямований на оптимізацію бізнес-процесів шляхом фокусування на потребах клієнтів, включаючи мотивацію працівників, задіяних у проекті.

Робота поділяється на невеликі частини і кожна частина розробляється незалежно і окремо. У Lean немає чітких меж етапів, тому можлива паралельна реалізація декількох частин проекту, причому кожна частина може перебувати на різній стадії.

Принципи Lean:

1) Визначення вартості. Аналіз споживчої або ринкової вартості та вкладення цінностей у продукт.

2) Створення карти потоку. Методика створення блок-схеми, нанесення на карту всіх етапів, через які проходить продукт до споживача.

3) Забезпечення безперервного потоку. Безперервний потік послуг або продукції від початку до кінця проекту шляхом застосування процесів.

4) Завантаження продукту. Робота на одній стадії процесу починається лише тоді, коли є потреба у використанні результатів на наступній стадії.

5) Вихідні дані для наступного етапу. Тобто, попит тягне за собою товар чи послугу через потік цінності.

6) Працювати над вдосконаленням. Максимальне скорочення витрат щоб, усі дії приносили цінність клієнту через безперервне покращення або нові відкриття.

### **Kanban**

Kanban – методологія, що реалізує принцип «вчасно» (just in time). На відміну від Scrum, Kanban не має чіткого визначення залучених ролей, проте також має роль власника продукту, що забезпечує створення карток завдань для реалізації проекту.

Проте Kanban не обмежує час ітерацій (спринтів).

Канбан направлений на візуалізацію роботи та організацію безперервного потоку завдань.

Основні ключові практики методу Kanban:

1) Візуалізація. Побудований на ідеї прозорості поточного стану розвитку проекту за рахунок використання дошок з колонками етапів реалізації, а також карток завдань проекту, які переміщуються між етапами. Отже, можна побачити завдання та етапи.

2) Обмеження кількості завдань поетапно.

Кожна стадія має ліміт, що налаштовується, на мінімальну і максимальну кількість завдань, які можуть перебувати на даній стадії, може бути на даному етапі.

Кожен наступний етап висуває вимоги щодо початку реалізації завдань попереднього етапу. Таким чином, кожен наступний етап буде "тягнути" за собою початок виконання завдань на попередньому етапі реалізації.

3) Регулювання потоку. Переходи між станами постійно відстежуються, вимірюються та звітуються.

На основі отриманих даних оновлюється карта виконання проєктів та проводиться аналіз змін в системі.

4) Зрозумілість потоку. Ефективність системи не буде досягнута до тих пір, поки процес не стане зрозумілим для всіх залучених до нього учасників. Потреба обговорення, чітке розуміння та об'єктивний розгляд проблеми.

5) Цикл зворотного зв'язку. Необхідні для впровадження вдосконалення процесів та організації в цілому.

6) Вдосконалення шляхом співпраці та експериментальних розробок.

### **Extreme Programming (XP)**

Назва методології походить від ідеї застосування корисних традиційних методів і практик розробки програмного забезпечення, виводячи їх на новий "екстремальний" рівень.

Наприклад, практика перегляду коду, яка полягає в тому, що один програміст переглядає код, написаний іншим програмістом.

Парне програмування (Pair programming) – передбачає, що весь код створюють пари програмістів, які працюють за одним комп'ютером.

Один із них працює безпосередньо з текстом програми, інший переглядає його роботу і стежить за загальною картиною того, що відбувається.

### **Висновки**

Вибір ефективної методології управління проєктом відіграє одну з ключових ролей в реалізації IT-проєкту, адже в залежності від неї буде окреслено інструменти та процеси, що будуть застосовані під час його реалізації.

Також визначено спосіб, у який буде відбуватися робота спеціалістів, залучених до реалізації проєкту.

**Варченко Інна**, бакалавр, **Єлизавета Мелешко**, проф., докт. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: mrcrazyyt67@gmail.com, elisemeleshko@gmail.com

## Дослідження можливостей мови Python для створення комп'ютерних ігор

Комп'ютерна гра – взаємодія людини (групи людей) з комп'ютером або декількох людей між собою за допомогою комп'ютера для розваг, навчання чи тренування. На даний час комп'ютерні ігри стали величезною часткою ІТ-ринку, яка вже набрала та продовжує набирати обертів. Коли починаєш знайомитися з розробкою ігор розумієш, що всі масштабні і популярні 3D-ігри створювались на спеціалізованих програмах, які називаються – Ігровий рушій. Ігровий рушій – це по-суті набір інструментів, який дозволяє працювати з графікою, фізикою, скриптами та іншим [1]. Тому найчастіше великі компанії використовують такі рушії як Unity, Unreal Engine 4, CryEngine, Source, або пишуть власні. Дані програми використовують мови C/C++ або C#, дуже рідко використовується Python. На даному етапі стає цікаво дізнатися чи можливо написати повністю гру на Python, так як його в основному використовують для написання ігрової логіки та для написання внутрішньоігрових скриптів, які не стосуються рендерингу, наприклад, організації серверних елементів управління, внутрішньоігрового моддингу, інтерфейсів та іншого. Із знайдених бібліотек для дослідження у даній роботі було обрано 3 бібліотеки – Pygame, Arcade, RenPy. Pygame – це набір модулів Python, призначених для написання відеоігор [2-4]. Pygame додає функціональність на додаток до чудової бібліотеки SDL. Це дозволяє створювати повнофункціональні ігри та мультимедійні програми мовою Python. Бібліотека Pygame допомагає реалізувати наступні елементи гри: графіку та анімацію, звук (включаючи музику), управління (миша, клавіатура, геймпад тощо). Також Pygame має якісну документацію, безліч прикладів ігор, кросплатформність та легка для вивчення. В основному ігри або програми написані на Pygame працюють на Android на телефонах або планшетах.

В Pygame присутні такі основні модулі:

- pygame.draw – використовується для малювання базових елементів.
- pygame.event – потрібен для обробки подій.
- pygame.display – доступ до дисплея.
- pygame.mouse – потрібен для роботи з мишкою.
- pygame.key – використовується для роботи з клавіатурою.
- pygame.time – потрібен для керування часом та частотою кадрів.
- pygame.image – завантажує та зберігає зображення.
- pygame.cdrom – доступ до CD-приводів та керування ними.
- pygame.font – використовує системні шрифти.
- pygame.mixer – завантажує та відтворює мелодії.
- pygame.music – працює з музикою та потоковим аудіо.
- та багато інших модулів.
- Для прикладу розглянемо декілька модулів даної бібліотеки.

Для завантаження зображення з комп'ютера використовується модуль pygame.image. Щоб завантажити і працювати із зображенням потрібна команда pygame.image.load("шлях до файлу") та для того щоб розмістити зображення використовується Rect.

Приклад коду:

```
# Завантажити зображення (шлях до файлу для Windows)
myImage = pygame.image.load('images\\bg1.jpg')
```

```
# визначити місце розташування на екрані
```

```
myRect = (0,0,600,400)
```

Для роботи з подіями потрібно два модуля `pygame.display` і `pygame.event`. `Pygame` відстежує всі повідомлення про події через чергу подій, тому процедури цього модуля допомагають керувати цією чергою подій. Вхідна черга залежить від модуля відображення (`display`) `pygame`. Якщо дисплей не був ініціалізований та відеорежим не встановлений, черга подій не працюватиме.

Для роботи з мишкою потрібен модуль `pygame.mouse`. Функції миші можна використовувати для отримання поточного стану пристрою миші. Ці функції можуть також змінювати курсор миші. Коли режим відображення (`display`) встановлено, черга подій почне приймати події миші. Кнопки миші генерують події `pygame.MOUSEBUTTONDOWN` та `pygame.MOUSEBUTTONUP`, коли вони натискаються та відпускаються. Ці події містять атрибут кнопки, який вказує, яка кнопка була натиснута. Колесо миші буде генерувати `pygame.MOUSEBUTTONDOWN` та `pygame.MOUSEBUTTONUP` події при прокручуванні.

Також для того, щоб завершити процес і впевнитись, що вікно гри закривається, потрібно додати команду `pygame.quit()` в кінці коду.

Наступна бібліотека `Arcade`. `Arcade` – це проста в освоєнні бібліотека `Python` для створення двовимірних відеоігор [4]. Вона ідеально підходить для програмістів-початківців або програмістів, які хочуть створювати 2D-ігри, не вивчаючи складну структуру. `Arcade` має різні вдосконалення, модернізації та покращення порівняно з `pygame`:

- Має сучасну графіку `OpenGL`.
- Підтримує підказки типу `Python 3`.
- Має кращу підтримку анімованих спрайтів.
- Містить узгоджені назви команд, функцій і параметрів.
- Заохочує відокремлення логіки гри від коду відображення.
- Вимагає менше шаблонного коду.
- Містить більше документації, включаючи повні приклади ігор на `Python`.
- Має вбудований фізичний движок для платформних ігор.

В даній бібліотеці все відбувається в у вікні, яке можна створити за допомогою команди `open_window()`, на даний час підтримується лише одне вікно. Команда виглядає так: `arcade.open_window(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, "Drawing Example")`. Також `Window` існує декілька методів, які програми можуть перевизначати для забезпечення функціональності. Ось список тих, що використовуються найчастіше:

- `on_draw` – весь код для відображення екрану знаходиться тут.
- `update` – весь код для переміщення об'єктів та відпрацювання ігрової логіки знаходиться тут. Викликається приблизно 60 разів на секунду.
- `on_key_press` – обробляє події при натисканні кнопки, наприклад, рух персонажа.
- `on_key_release` – обробляє події під час відпускання кнопки, наприклад, зупинка персонажа.
- `on_mouse_motion` – викликається щоразу під час руху мишки.
- `on_mouse_press` – викликається під час натискання кнопки миші.
- `set_viewport` – ця функція використовується в скроллерах, коли світ значно більше, ніж те, що видно на одному екрані. Виклик `set_viewport` дозволяє програмісту задати ту частину екрана, що буде видно.

Всі функції для малювання різних фігур починаються з команди `draw_`, включаючи: дуги, кола, еліпси, лінії, параболи, точки, багатокутники, прямокутники, трикутники. Також для малювання прямокутників бібліотека має 3 команди:

- `draw_rectangle()` – очікує координати  $x$  і  $y$  центру прямокутника, ширину та висоту.
- `draw_lrtb_rectangle()` – очікує ліву та праву координати  $x$ , а потім верхню та нижню координати  $y$ .

– `draw_xywh_rectangle()` – використовує координати  $x$  і  $y$  нижнього лівого кута, а потім ширину та висоту.

Остання бібліотека, досліджена у даній роботі – RenPy. RenPy – це безкоштовний, написаний на Python, вільний ігровий рушій для створення візуальних новел (графічних квестів з діалоговою системою) у 2D-графіці [5]. Даний ігровий рушій підтримує такі платформи як Windows, Linux, Android, iOS.

RenPy використовує сценарійоподібну скриптову мову, завдяки чому створення невеликих або простих ігор стає легким процесом. Для більш складних ігор використовують мову Python: є можливість підключення відео та використання різних спецефектів у рушій; також можна підключати міні-ігри, системи підрахунку параметрів. Також є можливість зробити збереження-завантаження, доступ до налаштування різних параметрів гри та перемотування діалогів, що найчастіше потрібно для візуальних новел. RenPy має чудовий офіційний тьюторіал, документацію. По даним сайту Wiki більше, ніж 1200 ігор використовують даний ігровий рушій.

За умовчанням RenPy вже налаштований на створення типової гри жанру візуальних романів, що містить:

- головне меню з можливістю налаштування, збереження та завантаження гри;
- автоматичне збереження гри;
- відкат, повернення раніше показаного екрану;
- інтелектуальне завантаження зображень, що завантажує зображення у фоновому режимі, що запобігає затримкам під час гри;
- підтримку керування грою за допомогою миші, клавіатури або геймпада (джойстика);
- повноекранний та віконний режим;
- можливість пропускати текст під час відтворення, у тому числі можливість показувати лише текст, який не було показано раніше;
- автоматичне прокручування тексту без використання клавіатури, що може бути зручно при великих обсягах тексту;
- можливість приховувати текст так, що користувач може бачити зображення за ним;
- здатність самостійно змінити музику, звукові ефекти, та гучність голосу.

**Висновки.** Найчастіше мову програмування Python використовують в інших сферах ІТ-індустрії, якщо її і використовують для створення комп'ютерних ігор, то за допомогою неї в основному описують ігрову логіку. Python більш підійде для якихось невеликих проєктів. Бібліотека Pygame – використовується частіше для створення додатків на мобільні телефони або планшети та для 2D, 3D ігор. Бібліотека Arcade – це покращена версія Pygame, але призначена для створення 2D-ігор. RenPy – ігровий рушій, в якому є всі потрібні інструменти для створення візуальної новели.

#### Список літератури

1. Чи можна робити Ігри на Python? [Електронний ресурс] – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/672270/>. <https://is42-2018.susu.ru/blog/2019/04/29/pygame-shpargalka-dlya-ispolzovaniya/>
2. About – wiki [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pygame.org/wiki/about>.
3. PyGame - шпаргалка для використання [Електронний ресурс] // ВАДИМ В. КОСТЕРІН. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://is42-2018.susu.ru/blog/2019/04/29/pygame-shpargalka-dlya-ispolzovaniya/>.
4. Arcade: A Primer on the Python Game Framework [Електронний ресурс] // Jon Fincher. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://realpython.com/arcade-python-game-framework/>.
5. Створюємо 2D гру на Python із бібліотекою Arcade [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@enduranceprog/arcade-ac8f41ad4ebb>.

**Ігор Сененький**, ст. гр. АК22мз, **Дмитро Трушаков**, доц., канд. техн. наук, **Маріанна Федотова**, асист., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
*e-mail: dmitro.trushakov@gmail.com*

## Розробка креслярського автомату з мікропроцесорним керуванням

Креслярські автомати (графопобудовачі, плоттери) являють собою один з різновидів периферійного обладнання для персональної ЕОМ та мікроЕОМ. Креслярський автомат застосовується для виводу на папір графічної інформації за допомогою керуючої програми, що оброблюється мікропроцесором.

В теперішній час різними фірмами випускаються креслярські автомати – плоттери для персональних ЕОМ. Однак головним їх недоліком є висока вартість.

Метою нашого дослідження є створення простого та дешевого креслярського автомату, що змог би працювати під керуванням контролера Arduino Nano V3.0.

Контролер Arduino Nano V3.0 - відкрита і компактна платформа від сімейства Arduino, побудована на мікроконтролері ATmega328.

На рис. 1 представлено структурну схему креслярського автомату.

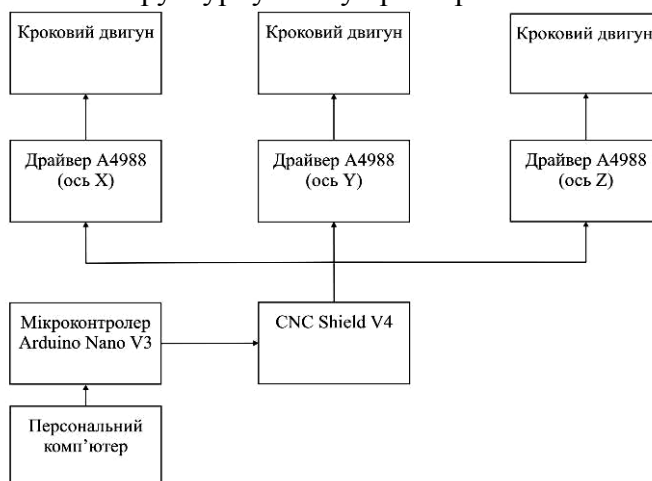


Рисунок 1 – Схема електрична структурна креслярського автомату.

В блоці під назвою “Персональний комп’ютер” відбувається перетворення малюнка у G-код за допомогою спеціальних програм. G-код є загальною назвою для найбільш широко використовуваної мови програмування числовим програмним керуванням, яка має багато реалізацій. Застосовують здебільшого в галузі автоматизації, є частиною автоматизованого проектування. Являє собою послідовність координат. Далі за допомогою програми UniversalGcodeSender G-код відправляється до мікроконтролера, також за допомогою данної програми можливо керувати положенням каретки в просторі на робочій поверхні.

В блоці під назвою “Мікроконтролер Arduino Nano v3” цей G-код через кабель Mini usb відправляється на опрацювання в мікроконтролер.

В блоці під назвою “CNC SHIELD V4” за допомогою плати розширення CNC SHIELD V4 мікроконтролер керує 3 драйверами, які використовуються для керування високовольтними обмотками крокових двигунів. CNC Shield v4.0 - це плата, на базі якої можна зібрати недорогий контролер для управління 3D-принтерами, фрезеруванням,

гравіюванням і лазерними верстатами з ЧПК та іншими пристроями, які використовують до трьох крокових двигунів.

На відміну від стандартного CNC Shield, ця модифікація призначена для роботи з дошками форм-фактора Arduino Nano. Shield CNC Shield v4.0 сумісний з драйверами A4988 і DRV8825 (не входить). Для зручності використання дошка має контакти для установки різних режимів мікроступу, роз'єми для підключення торцевих ковпачків, двигунів, кнопок управління і управління шпинделем. Shield призначений для роботи з моторами при напругах від 7,5 до 12 В і струмах до 2 А (для DRV8825).

Зовнішній вигляд макету креслярського автомата, представлено на рис.2.

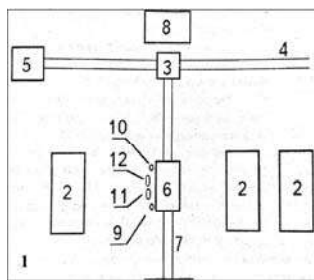


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд макету креслярського автомата.

Креслярський автомат складається з наступних функціональних вузлів: 1 - креслярська дошка, 2 – фіксуючі магніти, 3 - горизонтальна каретка, 4 – ходовий гвинт приводу горизонтальної каретки, 5 - кроковий електродвигун горизонтальної каретки, 6 – вертикальна каретка, 7 - ходовий гвинт приводу вертикальної каретки, 8 – кроковий електродвигун приводу вертикальної каретки, 9 – електромагніт 1, 10 – електромагніт 2, 11 – якорь електромагніту 1, 12 – якорь електромагніту 2, 13 – фіксатор пера 1, 14 – фіксатор пера 2.

Arduino Nano V3 за допомогою надісланого з персонального комп'ютера G-коду та використовуючи протокол STEP/DIR керує драйверами A4988, які в свою чергу керують кроковими двигунами. Назва протоколу STEP/DIR говорить сама за себе - драйвер ЧПК отримує команду з двох частин.

Одна частина наказує драйверу зробити крок, друга частина підказує, в якому напрямку слід зробити крок. На фізичному рівні сигналами є прямокутні імпульси амплітуди 5 В, які, наприклад, можуть бути згенеровані комп'ютером на контактах порту LPT (часто їх називають TTL-сумісними сигналами). Тобто керуючі сигнали для драйверу виглядають як послідовність змінних рівнів напруги 0 В і +5 В, що представляють логічні 0 і 1 відповідно. Сигнал такого роду - це тип сигналу ШІМ, в якому ширина імпульсу інтерпретується драйвером як 0 або 1.

Так як крокові двигуни працюють від напруги 12В, а мікроконтролер від 5В, тому потрібна плата ХМ1584 яка з 12 В вхідної напруги створює 5В вихідної, що дозволяє не використовувати додаткове живлення мікроконтролера через Mini USB.

Також на схемі розміщений світлодіод, який сповіщує про наявність необхідної напруги. Ще на схемі розміщений мікросхем ULN2003A - це набір потужних ключів, призначених для управління потужними навантаженнями, а також всередині має діоди, які запобігають зворотній індукції.

## Список літератури

1. Хіхловська І.В. Обчислювальна техніка та мікропроцесори : підручник / Хіхловська І.В., Антонов О.С. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2011. – 440 с.
2. Arduino Nano V3.0 AVR ATmega328P [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p-s-raspayannimi-razemami>

Оолена Голик, доц., канд. техн. наук, Роман Жесан, доц., канд. техн. наук, Ілля Бабоша, студент гр. ЕС-20-ЗСК

Центральноукраїнський національний технічний університет

## Визначення кількості сонячних панелей та акумуляторних батарей для автоматичного резервного енергозабезпечення

Вибір конкретного типу сонячних панелей (СП) залежить від їх технічних характеристик, енергетичного навантаження об'єкта енергозабезпечення (господарства), енергетичного потенціалу сонячної енергії, питомої вартості СП та площі території, на якій планується їх розташовувати. Алгоритм розрахунку наступний.

1. *Визначення струму електричного навантаження з урахуванням втрат при розряді-заряді АКБ.* Визначають за допомогою виразу [1]:

$$I'_c = \frac{P_c \cdot 1.2}{V_c}, \quad (1)$$

де  $P_c$  – максимальне енергетичне навантаження господарства;  $V_c$  – номінальна напруга системи; 1,2 – коефіцієнт, який враховує втрати в АКБ.

2. *Визначення кількості СП, з'єднаних послідовно та паралельно.* Визначають із наступного співвідношень [2]  $V_c = N_{ПС} \cdot V_M$ ,  $I'_c = N_{ПП} \cdot I_M$  звідки

$$N_{ПС} = \frac{V_c}{V_M}, \quad N_{ПП} = \frac{I'_c}{I_M} \quad (2)$$

де  $V_M$  – номінальна напруга СП;  $I_M$  – номінальний струм СБ.

4. *Визначення загальної кількості модулів.* Згідно [1, 2] загальна кількість модулів визначається за допомогою наступного виразу:

$$N_{МОД} = N_{ПП} + N_{ПС}, \quad (3)$$

Однак, даний розрахунок не враховує енергетичний потенціал сонячної енергії та площу території, на якій повинні розташовуватись СП.

Якщо припустити, що земельна площа господарства використовується для отримання с/г продукції, то на даній площі розташовувати СП неможливо. Тоді СП можна розташувати на даху будівлі, і таким чином площа території, на якій повинні розташовуватись СП, обмежена площею даху будівлі. В такому випадку загальна кількість СП буде залежати від габаритних розмірів окремої СП. Тоді загальну кількість СП визначають за виразом:

$$N_{СБ} = \frac{S_{\delta}}{S_{СБ}}, \quad (4)$$

де  $S_{\delta}$  – площа даху будівлі, м<sup>2</sup>;  $S_{СБ}$  – площа однієї СП, м<sup>2</sup>.

Загальна потужність СП визначається за допомогою виразу:

$$P_{сб\max} = N_{сб} \cdot P'_{сб}, \quad (5)$$

де  $N_{сб}$  – кількість СП;  $P'_{сб}$  – потужність СП з урахуванням енергетичного потенціалу сонячної енергії в даній місцевості.

Як правило, номінальна потужність СП, яка надається виробниками, розрахована за таких умов: інтенсивність сонячного випромінювання становить 1000 Вт / м<sup>2</sup>; температура навколишнього середовища 25 °С [3]. Для визначення потужності, яку буде мати СП, в певні сезони року, використовують коефіцієнт втрат в СП. Потужність СП з урахуванням енергопотенціалу сонячної енергії певної місцевості, визначають за допомогою виразу:

$$P'_{\text{сб}} = \frac{I \cdot P_M}{I_M} \cdot \mu, \quad (6)$$

де  $I$  – інтенсивність сонячного випромінювання в певній місцевості;  $P_M$  – номінальна потужність СП;  $I_M$  – інтенсивність сонячного випромінювання, яка відповідає номінальній потужності (згідно паспортних даних виробника);  $\mu$  – коефіцієнт втрат в СП.

На відміну від енергії вітру, сонячна енергія має точні періоди відсутності енергії (темний час доби, при якому інтенсивність сонячного випромінювання дорівнює  $0 \text{ Вт} / \text{м}^2$ ). Тому ємність системи акумулювання бажано визначити саме для цих періодів. Оскільки з усіх сезонів року найбільш «темним» є зимовий період, то ємність системи акумулювання доцільно визначати саме для цього періоду.

Порядок розрахунку наступний.

1. *Визначення енергетичних потреб фермерського господарства в періоди відсутності сонячної енергії.*

Енергетичні потреби господарства за певний період часу визначають за допомогою виразу:

$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (7)$$

де  $P_i$  – середня електрична енергія, що споживається  $i$ -м електроприймачем в певні періоди часу;  $n$  – кількість електроприймачів у господарстві, які споживають електричну енергію в певні періоди часу.

2. *Вибір акумуляторної батареї.*

Слід обирати свинцево-кислотні акумуляторні батареї (АКБ) з номінальною напругою 12 В або 24 В. Ємність АКБ може варіюватись в діапазонах від 50 А · год. до 2000 А · год. і більше.

3. *Визначення кількості електричної енергії, яка необхідна для навантаження змінним струмом (для періодів відсутності сонячної енергії).*

$$I_{\text{СП}} = \frac{1,2 \cdot P_{\text{ЗМ}}}{V_{\text{ін}}}, \quad (8)$$

де  $P_{\text{ЗМ}}$  – потреби в електричній енергії при змінному струмі;  $V_{\text{ін}}$  – номінальна напруга автономного інвертора; 1,2 – коефіцієнт, який враховує втрати в АКБ.

4. *Визначення необхідної ємності АКБ.*

$$I_n = \frac{I_{\text{СП}} \cdot a}{b}, \quad (9)$$

де  $a$  – коефіцієнт, який враховує температуру оточуючого середовища в приміщенні, де встановлено АКБ;  $b$  – глибина допустимого розряду АКБ.

5. *Визначення кількості АКБ, з'єднаних паралельно та послідовно:*

$$N_{\text{АКБ}_{\text{ПР}}} = \frac{I_n}{Q_6}, \quad N_{\text{АКБ}_{\text{ПС}}} = \frac{V_c}{V_6} \quad (10)$$

де  $Q_6$  – номінальна ємність АКБ (згідно паспортних даних виробника);  $V_c$ ,  $V_6$  – відповідно, номінальні напруги системи та АКБ.

6. *Визначення загальної кількості АКБ.*

$$N_{\Sigma \text{ АКБ}} = N_{\text{АКБ}_{\text{ПР}}} + N_{\text{АКБ}_{\text{ПС}}}, \quad (13)$$

## Список літератури

1. Бекиров Э.А. Об эффективности использования фотоэлектрических преобразователей для автономного электроснабжения зданий / Э. А. Бекиров, И. В. Сопов, Р. Э. Межитов // Відроджувальна енергетика. – 2006. – № 2. – С. 33-36.
2. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / Раушенбах Г. [пер. с англ.]. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
3. Щербина О. М. Енергія для всіх: [технічний довідник з енергоощадності та відновлюваних джерел енергії / Вид. 4-е, допов. і перероб.] / Щербина О. М. – Ужгород: Вид-во В. Падяка, 2007. – 340 с.

**Андрій Бокій**, аспірант, **Анатолій Мацуй**, проф., докт. техн. наук, **Юрій Пархоменко**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

*e-mail: parhomenkoym@ukr.net*

## Обґрунтування використання променевих перетворювачів при ідентифікації зернового потоку

Україна, посідаючи ведучі місця у виробництві зерна, в останні роки послаблює свої позиції на світовому ринку [1]. Нині не здійснюється у повному обсязі передбачений законодавством України напрямок реалізації ресурсозберігаючих технологій в енергетиці, промисловості та аграрному комплексі. Однією з причин зниження виробничих показників у зерновому господарстві є недосконалість проведення сівби, що, зокрема, зв'язано з відсутністю надійних і якісних засобів контролю потоку насіння.

Задачу автоматичного контролю потоку насіння у зернових сівалках у різні роки розв'язували багато вітчизняних і закордонних вчених, однак вибір типів променевих перетворювачів оптичних пристроїв реєстрації особливо не обґрунтовувався. Враховуючи, що дана публікація спрямована на реалізацію засобів контролю при висіванні зернових культур, її тема є актуальною. Вона направлена на здійснення програми "Технічні засоби нового покоління для сільськогосподарського виробництва", включеної до переліку Державних цільових наукових та науково-технічних програм, визначених законом України "Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки".

Метою даної публікації є теоретичне обґрунтування типу променевих перетворювачів в пристроях ідентифікації зернового потоку, що формується висівними апаратами сівалок, для підвищення їх дозволяючої здатності та якості реєстрації дискретних об'єктів в потоці.

Сучасні системи контролю висіву (СКВ) такі як: «RECORD» [2], «MONADA» [3], «ФАКТ» [4] комплектуються, з однієї сторони, бортовими системами збирання, обробки та відображення інформації, а з іншої – комплексом датчиків призначених для реєстрації параметрів процесу висіву і придатних для встановлення на різні типи вітчизняних та зарубіжних сівалок. Незважаючи на різнобічність апаратної реалізації бортових СКВ (різні типи мікроконтролерів, елементів спряження, відображення інформації тощо) і прив'язаного до неї програмного забезпечення, в цілому вони надають механізатору майже однотипну інформацію про: проходження насіння по висівним патрубкам; забивання або відсутність висіву в патрубок із зазначенням його номера; величину інтенсивності зернового потоку (для суцільного висіву); кількість "двійників" (в %), "пропусків" (в %) та норму висіву (в шт./п.м.) для сівалок точного висіву; рівень насіння і добрив у бункерах; швидкість руху сівалки (км/год); пройдений шлях (км); засіяну площу (га) тощо. Функціональні можливості бортової системи можна безперервно вдосконалювати, шляхом внесення змін в програмне забезпечення або апаратну реалізацію на більш сучасних мікроконтролерах. В недалекому майбутньому бортову систему може замінити багатофункціональний бортовий комп'ютер.

Особливо проблемними компонентами СКВ є датчики – реєстратори зернин в потоці. Темпи їх вдосконалення є більш тривалими, а шляхи – складнішими. На сьогодні в СКВ використовуються в основному ємнісні і оптичні датчики. За своєю фізичною природою ємнісні датчики є пристроями об'ємної дії – реагують на зміну діелектричної проникності пролітаючими між обкладинками конденсатора зернинами. Швидкими темпами іде впровадження оптичних датчиків об'ємної дії, які реагують на зміну інтенсивності світлового потоку на вході фотоприймача при перетині насінинами площини контролю. Вказані датчики успішно контролюють наявність зернового потоку (з метою своєчасного виключення просівів при його зупинці) та, з відносною долею похибки, забезпечують оцінку якості сівби в сівалках точного

висіву. Пристрої реєстрації об'ємної дії не придатні для розпізнавання зернин в потоці які одночасно перетинають площину його контролю, в тому числі і частину зерен-двійників просапних культур, число яких досягає 12%. Для забезпечення якості сівби необхідно мати такі пристрої реєстрації, які б ідентифікували кожен зернину в потоці і надавали достовірну інформацію про їх кількість та розподіл до засобів керування процесом висіву. Означеним вимогам відповідає запропонований в роботі принцип побудови пристрою реєстрації, який дозволяє ідентифікувати розділені зерна не лише вздовж руху потоку, але й такі, що паралельно перетинають площину контролю датчика [5].

Дослідженнями встановлено, що поштучну ідентифікацію окремих зернин в потоці можна здійснювати з високою ефективністю двома взаємно перпендикулярно розташованими системами "випромінювач-приймач", шляхом сканування вздовж координат  $X, Y$  променів певної фізичної природи, які слід конструктивно виконувати у вигляді прямокутної рамки. Дослідження показали, що необхідно використовувати реєструючу рамку розміром  $50 \times 100$  мм. Для забезпечення необхідної дозволяючої здатності при ідентифікації об'єктів діаметром  $d \geq 2$  мм по одному виміру необхідно розмістити 48 оптронних пар (ОП) "випромінювач-приймач", а по іншому 16 ОП. Порушення потоку енергії від джерела випромінювання до приймача слугує сигналом про знаходження об'єкту в площині реєстрації. Аналіз інформації, яка рядок за рядком поступає з виходів променевих перетворювачів, розміщених вздовж координат  $X, Y$ , в мікропроцесорну систему обробки даних дозволяє ідентифікувати кожен зернину в загальному потоці дискретних об'єктів. Акцентуємо увагу на тому, що принцип роботи системи з лінійок ОП базується на перериванні об'єктами оптичних променів, а не на відображенні їх від об'єктів. Незалежно від місця перетину об'єктом площини контролю, така система забезпечує формування на вході фотоприймачів не викривлені зображення реєстрованих об'єктів, що спрощує їх ідентифікацію [6]. Сканування рядків оптронних пар з заданою частотою ( $f \geq 5$  кГц) повинно бути неперервним. Навіть часткова втрата інформації приведе до похибки ідентифікації.

В результаті проведеного аналізу умов ідентифікації зернового потоку при висіванні зернових культур приходимо до висновку, що в якості променевих перетворювачів доцільно використовувати оптопари з окремих елементів «джерело випромінювання»-«приймач випромінювання» інфрачервоного спектру які працюють у діапазоні  $0,75 \dots 1,1$  мкм. Виходячи з того, що пристрій реєстрації включає десятки дискретних оптопар, в якості випромінювачів і приймачів ІЧВ слід використовувати кремнієві світло і фотодіоди, як найбільш дешеві, простіші в схемному підключенні ніж фото транзистори і достатні для отримання необхідної дозвільної здатності при реєстрації та розпізнаванні потоку зернин.

#### Список літератури

4. Євген Солонина. Україна зібрала історичний максимум зерна: що стоїть за рекордом. 07.10.2021. <https://bit.ly/3C90lsq>.
5. Система контролю висева RECORD. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Херсон, 2016., ТОВ «ТРАК», <http://seeding.com.ua>. – 27с.
6. Система контролю висева MONADA.. Документація, паспорта, інструкції, програмне забезпечення. НПФ «МОНАДА. », г. Херсон, <http://www.monada.ks.ua>.
7. Руденко В.П. Полтавська технологія посєва. Посібник для агрономів, інженерів с/х виробництва, конструкторів. – Полтава: ООО «Копи-Центр», 2013, 54с.
8. Пархоменко Ю. М. Дослідження підходів до реалізації пристрою реєстрації та ідентифікації зернового потоку. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомч. наук. – техн. збірник. – 2007. – Вип.37. – С. 126–131.
9. Кондратець В.О., Ю.М. Пархоменко. Підвищення дозволяючої здатності пристрою ідентифікації потоку насіння в зернових сівалках. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. – 2011. – Вип.117 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – С. 47–49.

**Василь Кондратець**, проф., докт. техн. наук, **Анатолій Мацуй**, проф., докт. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*e-mail: matsuyan@ukr.net*

## Оптимізація енерго- та матеріаловитрат у кульових млинах при подрібненні руд

В наслідок значних перевитрат електроенергії та матеріалів у вигляді куль і футерівки при подрібненні руди в кульових млинах вітчизняний залізорудний концентрат підвищує собівартість, що ставить Україну не в однакові умови на світовому ринку. Одним із першочергових кроків виходу з цієї ситуації є оптимізація енерго- та матеріаловитрат у кульових млинах при подрібненні руд, альтернативних підходів якого в даний час не існує. Враховуючи сказане, тема даної публікації є актуальною.

Метою публікації є виокремлення факторів, роль яких в підвищенні ефективності роботи кульового млина першої стадії подрібнення руди повністю не розкрита, оптимізація показника за цими напрямками з наступною розробкою шляхів реалізації покращення рудопідготовки в конкретних умовах виробництва.

Продуктивність кульового млина визначається рядом факторів – конструктивні, технологічні та експлуатаційні, які в свою чергу містять підлеглі фактори (рис.1). Системно розглянувши фактори, що визначають продуктивність кульового млина, встановлено, що не повністю розкрито роль дев'яти достатньо важливих з них. Аналізу, зв'язаному з виявленням можливості підвищення продуктивності кульового млина, необхідно піддати всі приведені на рис.1 фактори. Легко встановити, що вони одночасно прикладені до технологічного агрегату, однак деякі впливають на весь об'єкт, інші лише на його частину. Зважаючи на це при дослідженні впливу конструкції кульового млина, його розміру, завантаженості рудою, ефективності роботи класифікуючого апарату на продуктивність необхідно розглядати весь технологічний агрегат в цілому. В процесі дослідження впливу інших факторів на продуктивність млина доцільно здійснити декомпозицію об'єкта і розглядати їх роль окремо з наступним узагальненням результату. При декомпозиції кульового млина необхідно виділити і дослідити окремі незалежні підсистеми: футерівка, подрібнювальне середовище, подрібнюваність руди, розрідження (в'язкість) пульпи. При цьому в одну незалежну підсистему подрібнювального середовища увійдуть дії факторів – характеристика крупності подрібнювальних тіл, правильність їх форми, густина і твердість.



Рисунок 1. - Фактори, роль яких в підвищенні продуктивності кульового млина повністю не розкрита

*Джерело: розроблено авторами*

Аналізуючи дію конкретного фактора на роботу кульового млина, доводимо його суттєвий позитивний вплив. Якщо він є, наприклад збільшення продуктивності або зменшення енерговитрат, виставляємо умовну оцінку його впливу. При цьому необхідно враховувати і степінь впливу конкретного фактора на створюваний ефект. Оскільки збільшення продуктивності на 5% складає вагому величину, цей рівень можливо прийняти за одиницю відліку позитивного ефекту конкретного фактора. Якщо, наприклад, збільшення продуктивності складе 10%, то необхідно враховувати дві одиниці і т.д. Цим підходом можливо об'єднати дію цих факторів на результат роботи кульового млина в цілому і отримати результуючий ефект. Цього можливо досягнути розв'язанням оптимальної задачі.

Метою оптимізації в даній задачі є отримання результуючої оцінки підвищення енергетичної ефективності кульового млина при подрібненні руди в першій стадії. Зрозуміло, що дана задача відноситься до статичної оптимізації. Об'єктом оптимізації тут виступає процес підвищення енергетичної ефективності подрібнення руди кульовим млином. Об'єкт оптимізації передбачає виокремлення чотирьох груп параметрів – вхідних, керуючих, збурюючих і вихідних. До вхідних параметрів у даному процесі необхідно віднести витрату матеріалу в кульовий млин, підведену електроенергію до технологічного агрегату. Вихідним параметром тут буде енергетична ефективність подрібнення як параметр стану об'єкта. Оскільки в даних дослідженнях її визначити не вдається, то необхідно в якості вихідних параметрів розглядати збільшення продуктивності, зменшення перевитрати електроенергії. За змістом даної задачі до керуючих параметрів необхідно віднести самі фактори, що впливають на кульовий млин. Математичними моделями даного об'єкта оптимізації слугують залежності, які відносяться до теорії кульових млинів. Тут основними обмеженнями є  $Q > Q_N$  при  $N \leq N_N$  або  $Q = Q_N$  при  $N < N_N$ , де  $Q$ ,  $N$  – відповідно досягнута продуктивність при корисно витраченій потужності;  $Q_N$ ,  $N_N$  – продуктивність і корисно витрачена потужність нормативного процесу подрібнення (до оптимізації).

В якості критерію оптимальності може бути висунута вимога досягнення найбільшого значення умовної оцінки від впливу окремих факторів. При цьому зручно прийняти «1» за відлік досягнутого вагомому позитивного ефекту при дії конкретного фактора, тобто  $J_i = 1$ . Для розв'язання даної задачі оптимізації підходить метод динамічного програмування. Тут виокремлюємо дев'ять стадій оптимізації, розуміючи під стадією один з впливових факторів. З залученням достатньо широкого переліку вітчизняних і зарубіжних літературних джерел шляхом аналізу встановлені критерії оптимальності в кожній стадії оптимізації, які були присвячені окремому фактору.

В результаті проведених досліджень встановлено, що за усіма напрямками можливого покращення енергетичної ефективності подрібнення руди в кульових млинах отримуємо позитивний результат. В окремих стадіях оптимізації отримані різні критерії – від 1 до 9. Сумарне значення критерію оптимальності склало 29. Реалізація результату оптимізації є багатоваріантною. Порівняно з існуючим варіантом ефективність роботи кульового млина може покращитись до 2,5 разів. Можливі і проміжні варіанти з меншою ефективністю покращення роботи технологічного агрегату. Тут розглянуто лише технологічний бік питання стосовно технологічного агрегату. Для реалізації відкритих можливостей необхідно понести і деякі тимчасові і фінансові витрати. По-перше, багато з розглянутого вимагає автоматичного управління. По-друге, у ряді випадків необхідна модернізація або придбання нового обладнання. По-третє, і саме головне, для досягнення поставлених задач необхідно у багатьох випадках змінити психологію відношення до праці, підняти професійність і відповідальність за виконання службових обов'язків.

Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є реалізація запропонованих гілок організації процесу подрібнення руди в залежності від умов конкретних збагачувальних фабрик та розробка відповідних систем енергоефективного інваріантного керування їх технологіями.

**Назаркевич Ганна**, аспірантка комп. науки, **Іван Цмоць**, доктор тех. наук, **Марія Назаркевич**, доктор тех. наук  
Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна  
*e-mail:* hanna.y.nazarkevych@lpnu.ua

## Дослідження управління інноваційними підприємствами методами аналізу даних

При вирішенні задачі управління підприємством власник бізнесу може керувати різними внутрішніми засобами впливу на фірму. Розробка інструменту, що дозволить зосередитись на найбільш важливих факторах впливу допоможе не лише власнику компанії, а й потенційним інвесторам оцінити ризики вкладу в бізнес та корегувати стратегію розвитку. Розвиток стартапів дає суттєвий поштовх для економіки та сприяє створенню.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз тематики управління підприємством показує, що ця задача вирішується адаптованим методом аналізу ієрархій – [1], також задача управління підприємством вирішується методами аналізу даних – лінійної регресії [2-4], попри це немає аналізу факторів впливу.

Постановка задачі: оцінити фактору впливу на підприємство методами аналізу даних.

Для того, щоб ефективно керувати підприємством, знаходити рішення економічних проблем потрібно обробляти великі масиви даних. Ефективним інструментом для цього є сучасні методи аналізу даних та оптимізації. В цій роботі дано основний огляд методів, що застосовуються для аналізу даних підприємств на прикладі датасету KFS, що містить дані стартапів.

Опитування фірм Kauffman (KFS) — це панельне дослідження 4928 підприємств, заснованих у 2004 році та відстежуваних протягом перших років їхньої діяльності, до 2011 року. KFS зосереджується на характері діяльності щодо створення нових підприємств; характеристики стратегії, пропозицій та моделей працевлаштування нових підприємств; характер фінансових та організаційних заходів цих підприємств; та характеристики їх засновників.

Для дослідження будь-яких даних першим кроком є попередній дослідницький аналіз даних або ж EDA (Exploratory data analysis). Дослідницький аналіз даних дозволяє дізнатися про дані та зв'язок між різними функціями набору даних. Exploratory data analysis використовується, щоб дізнатися про особливості датасету, вибрати важливі характеристики та підготувати набір даних, щоб статистична модель могла бути ефективно використаною.

До прикладу, побудова щільності колонки ‘Assets’ дозволяє нам помітити, що користувач вибирав дані з варіантів відповіді у анкеті, і дані є скорше категоріальними, ніж чисельними, як це могло здаватись.

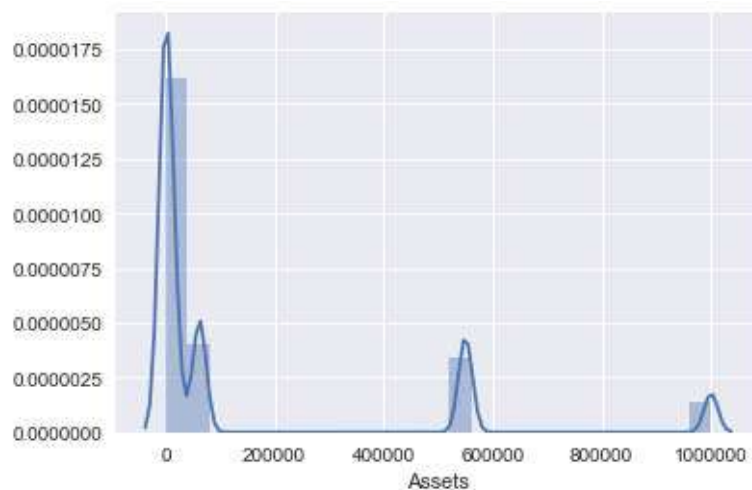


Рисунок 1. - Аналіз можливих значень колонки “Активи” датасету KFS  
Кореляційний аналіз – метод, що дозволяє досліджувати залежність між декількома випадковими величинами.

Найпростіший спосіб проаналізувати кореляцію між змінними – це точкова діаграма. Попри це оскільки в датасеті KFS є 905 колонок - попарний аналіз яких займе багато часу. Розглянемо попарний аналіз деяких обраних факторів впливу.

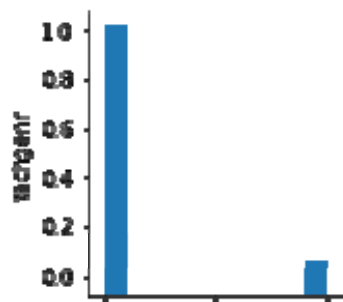


Рисунок 2. - Зв’язок між наявністю технічної складової та капіталом підприємств

Взаємозв’язок між змінними чисельно характеризується за допомогою коефіцієнту кореляції  $r$ . Коефіцієнт  $r$  є випадковою величиною, оскільки обчислюється з випадкових величин. Це лінійний коефіцієнт кореляції, який показує лінійний взаємозв’язок між двома змінними і коливається в межах від -1 до 1. За відсутності лінійного зв’язку значення  $r$  буде близьким до 0. Кореляційний аналіз може виконуватися з використанням методу Пірсона або рангового методу Спірмена. Коефіцієнт кореляції Пірсона обчислюється за формулою:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}.$$

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена полягає в тому, що спершу встановлюється для кожної ознаки порядковий номер – ранг, тоді обчислюється:

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (1.2)$$

де  $n$  – кількість ознак;

$d$  – різниця між рангами за двома змінними;

На рисунку зображено обчислені кореляції між деякими обраними стовпцями з цього датасету - ['g1b1\_hours\_owner\_11', 'g1b1\_hours\_owner\_12', 'g1b1\_hours\_owner\_15', 'g4\_age\_owner\_01', 'g4\_age\_owner\_02', 'Equity\_Owner\_Operators', 'Equity\_NonOwnerOperators', 'Assets', 'Bus\_Debt\_Owed', 'Debt\_Bus', 'Debt', 'Equity', 'Pers\_Debt\_Resp', 'Pers\_Debt\_Other\_Owners']

Як бачимо статки співласників – залежні між собою величини.

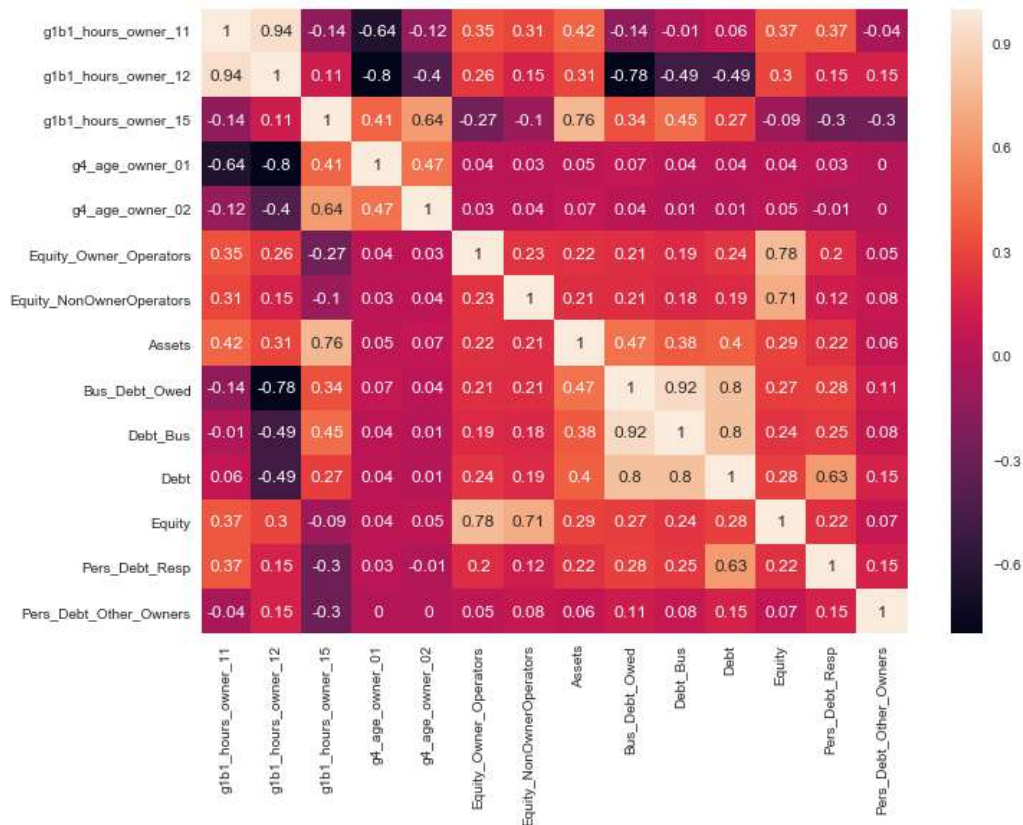


Рисунок 3. - Аналіз можливих кореляцій у датасеті KFS

Висновки: проведено дослідницький аналіз даних стартапів з допомогою методів аналізу даних, зокрема, проаналізовано найбільш вагомні чинники та кореляції між ними.

#### Список літератури

- 1 Я. П. Драган, О. І. Цмоць Оцінювання та аналіз сигналів впливу на підприємство // Науковий вісник НЛТУ України . 2016. №1.
- 2 Lussier, R. N., Pfeifer, S. A cross-national prediction model for business success. Journal of Small Business Management, 2001, 39(3), 228–239
- 3 М. О. Medykovskyy, М. S. Pasyeka, N. M. Pasyeka and O. B. Turchyn, "Scientific research of life cycle performance of information technology," 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2017, pp. 425-428, doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098821
- 4 Gyimah, Prince & Marom, Shaike & Lussier, Robert. Small Business Success or Failure Prediction: A Comparative Study in Ghana and Israel, 2019

<sup>1</sup>Nazar Oleksiv, postgraduate student, <sup>2</sup>Oleksandr Tymchenko, professor, doctor of technical sciences, <sup>1</sup>Mariia Nazarkevych, professor, doctor of technical sciences

<sup>1</sup>National University «Lviv Polytechnic»

<sup>2</sup>University of Warmia and Mazury, Olsztyn, Poland

e-mail: naoleksiv@gmail.com

## Automation of retinal biometric data protection system processes

**Formulation of the problem.** Segmentation is an important part of image processing related to active participation in the security system. There are many methods and approaches that have been explored to take classification and segmentation to a qualitatively new level. It is recognized that many people have round pupils, and this case should not be difficult for classical segmentation. But how should the algorithm behave in situations where the pupils do not have general shapes, for example, in the case of a coloboma. Critical cases for the segmentation process can also occur for several reasons, which include disease and infection in the pupil and iris. Using a circle equation such as Daughman's cyclic integral differential operator (DIDO) and Hough transform (CHT) for a non-homogeneous pupil region results in many losses during the segmentation process.

**Analysis of recent research and publications.** Abdulah M. A. [1] in his research proposed segmentation using a morphological operation and a version of the Chan-Vese energy contour to determine the boundary of the pupils and the iris. The authors of the article [2] approve the segmentation approach using aggregate morphological operations and the active contour of the snake. The system proposed by them is successful in effectively determining the boundaries of the pupils of different circles. The authors of [3] proposed the angular required projection characteristic (KNPH) to determine the scientific limit. For the limbus boundary, they used an AIPF drawn between two rectangles on each face of the iris. Romaguera et al. [4] proposed a method of using histogram alignment, thresholding, and morphological operations. Along with pupil detection, they used methodical facet detection and Gaff reconstruction. Santis et al. [5] indicated that the segmentation of biometric images is vital and can be used as an element of diagnostics.

**Formulation of the problem.** Segmentation is an important part of image processing related to active participation in the security system. There are many methods and approaches that have been explored to take classification and segmentation to a qualitatively new level. It is recognized that many people have round pupils, and this case should not be difficult for classical segmentation. But how should the algorithm behave in situations where the pupils do not have general shapes, for example, in the case of a coloboma. Critical cases for the segmentation process can also occur for several reasons, which include disease and infection in the pupil and iris. Using a circle equation such as Daughman's cyclic integral differential operator (DIDO) and Hough transform (CHT) for a non-homogeneous pupil region results in many losses during the segmentation process.

**Problem definition.** Segmentation of the eye image in the conditions of an atypical shape of the pupils caused by various eye diseases.

**Basic material.** The main goal of the article is to construct a pupil segmentation decomposition. Segmentation goes through the following stages:

- Receiving the input file (image)
- Filtering
- Removal of excess lighting
- Logarithmic transformation
- Gamma transformation
- Morphological processing
- Binary removal

- Final segmentation

**Filtering.** The filtering step is to remove noise from the input image. For example, this function can be used in photo processing filters in Matlab. The filtered image is distinguished by its smooth structure. Also, at this stage, it is important to isolate the light rays in order to easily remove them at the next stages. The goal is to avoid localization and segmentation errors by detecting pixel points of light within the image.

**Removal of redundant education.** The effect of education can reduce the accuracy of segmentation if it is not eliminated in the early stages. A Matlab function can also be used to achieve the desired effect, including the "non-addition" of the two photos. This function converts all zero values to ones, and all one values remain zero (we perform color inversion, where white becomes black and vice versa). In reality, the lighting consists of bright pixels that are in the region of about 240 to 255.

**Logarithmic transformation.** A logarithmic transformation (LT) is used to reduce the estimation of brighter areas. At this stage, elements consisting of eyebrows, eyelids, etc. are removed — factors that can be omitted within the segmentation limits. As the name suggests, LT basically works using a logarithmic function. The LT equation is given as:

$$S = c \log(1 + r), \quad (1)$$

where  $r$  represents the processed photo;  $S$  — represents output;  $c$  — is the normal cost.

**Gamma transformation.** The gamma transform (PLT) has a basic notational form as in equation (2) below:

$$S = c r^y, \quad (2)$$

where  $S$  — is the original image obtained as a result of manipulation;  $c, y$  — are positive constants.

Basically, PLT improves the contrast of the brighter areas of the photo. due to the increase in gamma values, the image becomes darker, and, conversely, lower gamma values make the photo brighter.

**Morphological processing.** This processing was originally used for binary images and was later extended to grayscale images. To do this, we use fundamental morphological operations, including dilation and erosion. Essentially, dilation is a way of adding pixels to image boundaries, while erosion is the opposite of dilation, removing pixels from image boundaries. In the end, we use the erosion operator to remove eyebrows and eyelids from black and white (BW) photos.

**Binary removal.** A black-and-white (BW) photo is additionally called a binary image, where each pixel is represented by zeros or ones. 0 represents black pixels and a value of 1 represents white pixels. In this work, we use the BW operation to remove a small element or pixel according to the number of pixels, a constant in the rule set. Operations of this kind result in the removal of all associated additions (objects) whose values are much smaller than the adjustment pixels.

**Final segmentation.** The remaining black and white pixel can be segmented like a mask. These masks can later be attached to the original image to remove untouched areas from the authentic photograph.

**Conclusions.** Pupil segmentation was performed using decomposition, which includes filtering, light clipping, various types of transformations, and image removal. A fundamentally new method of pupil segmentation using LT and PLT algorithms was proposed simultaneously to obtain qualitatively new results during segmentation. The developed system uses such intervals as CASIA V1 and CASIAV3. The MMU1 iris database was used for training purposes. The final result proves and clearly demonstrates that the accuracy of the new segmentation flow is comparable and competitive with CHT or DIDO methods. The proposed system should be implemented within the security systems of airports, legal and banking institutions, as well as schools, public transport, etc.

<sup>1</sup>Oleh Faizulin, postgraduate student, <sup>2</sup>Oleksandr Tymchenko, professor, doctor of technical sciences

<sup>1</sup>National University «Lviv Polytechnic»

<sup>2</sup>University of Warmia and Mazury, Olsztyn, Poland

e-mail: [oleh.r.faizulin@lpnu.ua](mailto:oleh.r.faizulin@lpnu.ua) ; [oleksandr.tymchenko@uwm.edu.pl](mailto:oleksandr.tymchenko@uwm.edu.pl)

## Automation of testing of distributed information systems in the cloud environment

**Formulation of the problem.** In today's world, more and more services, products and companies are deploying and developing distributed information systems aimed at working in a cloud environment. At the same time, the development of these systems takes place locally, and testing usually takes place on a special environment, which may not correspond to the final work environment in terms of a set of parameters: the state of the database, the execution environment, the power of the system, etc. Also, testing on a custom environment slows down the feedback process that the development team needs to fix problems and defects.

Analysis of literature, publications and industry practices. In the industry, there is no established set of technologies, practices or standards that would be used in all projects. Instead, each new project chooses approaches and practices independently or based on the practices of the department or company. Although this state of affairs allows a fairly flexible approach to the testing and quality control process, the variability of practices and processes leads to the fact that it is not uncommon for teams working on different parts of the same system to use different approaches, practices, and toolsets.

**Problem definition.** Taking into account the results of the analysis, compare the existing approaches to testing and propose the optimal approach, as one that speeds up feedback for the team, reduces development time, and increases the final quality of the information system.

Basic material. In order to optimally solve this problem, it is worth delving into the types of processes of development of distributed information systems, code control systems and continuous integration. A typical project is developed using a certain methodology - Waterfall, RUP, Scrum, Kanban, etc. The choice of methodology and project management process usually depends on the needs of a specific system, but it would be fair to say that today Scrum and Kanban are the two most widespread methodologies for the development of cloud distributed information systems. A typical development and testing process in industry is as follows:

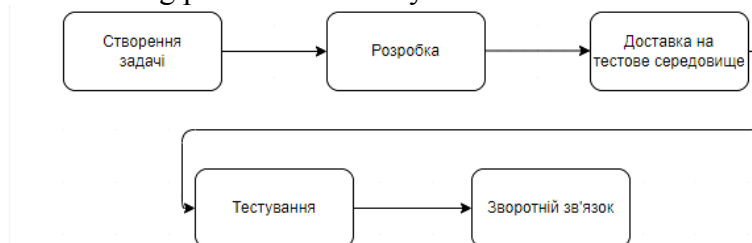


Fig. 1. Typical testing process

A typical packaging system is containerization (e.g. using Docker), a typical delivery is deployment of a container image (docker image) using a container management system, e.g. Kubernetes. It is also worth looking at the process of implementing changes to the codebase and the process of continuous integration:

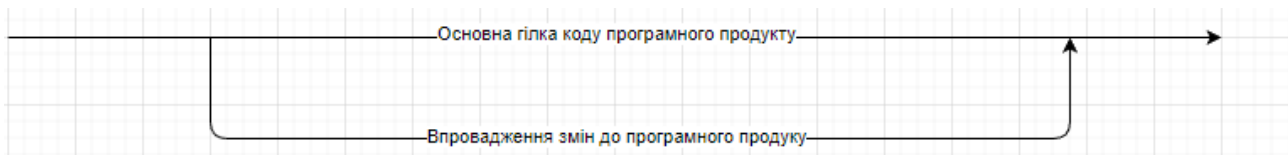


Fig. 2. Using code branches to implement changes

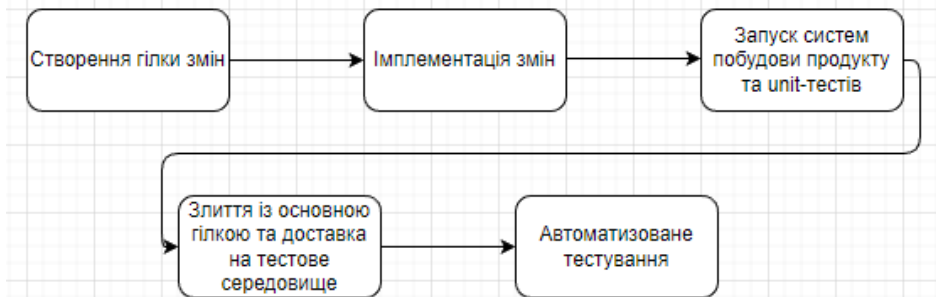


Fig. 1. A typical continuous integration change implementation process

After analyzing the processes of using code branches and continuous integration, it becomes clear that by moving the automated testing step forward, significant savings in development time and costs can be achieved. The optimized process looks like this:



Fig. 4. Optimized process of continuous integration and implementation of changes

Thus, the deployment of the test environment during the construction of the project and the execution of automatic tests allows you to significantly reduce the time required for feedback and prevent the merging of defective changes with the main branch of the product. Practical implementation requires the use of a continuous integration system that meets the following requirements: support for building scripts from many branches at the same time (multibranch pipeline) and use of docker compose/kubernetes to deploy a test environment. An example of such a continuous integration system is Jenkins, but there are many alternatives (GitHub, GitLab, AWS CodePipeline, and others.)

**Conclusions.** Having analyzed the problems of the development processes of distributed information systems, the process of automated testing was optimized by transferring the testing stage to a temporary environment, which is deployed by the continuous integration system. This approach allows you to significantly reduce feedback time (detection of defects) and to protect the main code branch from merging with an untested code base. It is also worth noting that by implementing this optimization, it is quite possible to abandon a special test environment and achieve savings in development resources and time to deliver changes to the live environment.

#### Literature:

1. Documentation Jenkins: <https://www.jenkins.io/doc/book/>
2. Documentation Docker: <https://docs.docker.com/>
3. Documentation Kubernetes: <https://kubernetes.io/docs/home/>
4. Berner, S., Weber, R., & Keller, R. K. (2005, May). Observations and lessons learned from automated testing. In Proceedings of the 27th international conference on Software engineering (pp. 571-579).
5. Kniberg, H., & Skarin, M. (2010). Kanban and Scrum-making the most of both. Lulu. com.
6. Mouat, A. (2015). Using docker: developing and deploying software with containers. " O'Reilly Media, Inc."
7. Luksa, M. (2017). Kubernetes in action. Simon and Schuster.

**Oleksandr Didyk**, Assoc.Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Serbul**, Assoc.Prof., PhD tech. sci.  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*  
*e-mail: kir2912s@ukr.net*

## The system of automatic regulation of the loading of the thresher of the grain harvester

The main directions of the development of grain harvesting equipment are increasing productivity, improving the efficiency of using available capacities, reducing grain losses and, of course, facilitating the work of the combine harvester. Some issues require making changes to the design of the harvester, and some only require the addition of automation systems to the existing design.

This work is devoted to the stabilization of the flow of bread mass at the entrance to the thresher of the grain harvester, which will make it possible to increase the efficiency of grain collection and reduce grain losses. Firstly, the operation of the harvester in optimal mode will speed up the harvesting process, and this will make it possible to reduce losses of grain in front of the harvester. Secondly, avoiding overloading the combine will not lead to failures in its operation, and will also reduce grain losses after the combine. Thirdly, the absence of underloading of the harvester will avoid idling and reduce grain crushing after threshing.

The design of the "Slavutich" grain harvester is considered in the work [1]. After cutting, the green mass is formed into a stream and fed through the conveyor to the thresher, where the grain separation process takes place. The throughput capacity of the combine is 9 kg/s. The task of the stabilization system is to maintain the bread mass flow close to this value. The flow depends on the yield of grain, the speed of movement of the harvester, the width of the harvester and the ratio of grain to non-grain mass. Since the productivity changes in the direction of movement of the harvester, it is necessary to adjust the loading by changing the movement speed.

The main element that drives the harvester is the hydraulic transmission [2]. The Slavutych harvester uses a GST-112 hydraulic transmission. The hydraulic pump is driven by the combine engine, which rotates at a constant frequency. The amount of fluid supplied from the hydraulic pump to the hydraulic motor depends on the inclination of the washer, and accordingly, the frequency of rotation of the hydraulic motor depends on the amount of fluid. Therefore, by changing the angle of inclination of the washer of the hydraulic pump, the frequency of rotation of the shaft of the hydraulic motor changes, and accordingly, the speed of the combine.

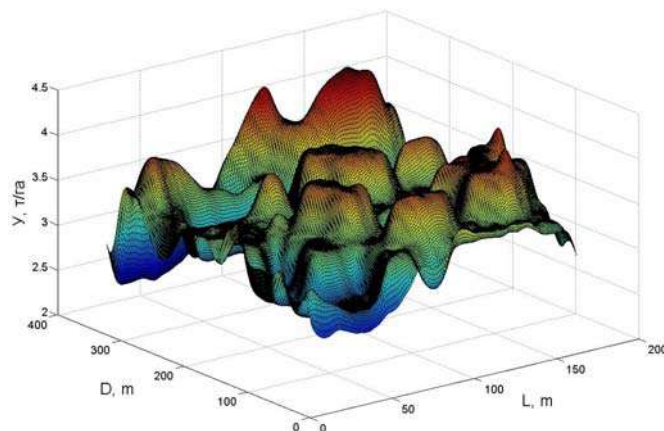


Figure 1 - Field yield map

*Source: developed by the authors*

On the basis of the field yield map (Fig. 1), a study of the dynamics of yield changes during the movement of the harvester was conducted. As a result, it was found that the average yield is 35 hw/h, while it varies from 25 to 45 hw/h, and the spectral density of yield changes has the following form

$$S_{yy}(s) = \frac{\sigma_y^2}{\pi} \left| \frac{1}{(T_y s + 1)} \right|^2. \quad (1)$$

The transition from the speed of the combine to the flow of the bread mass was taken in the form of a proportional link with a coefficient equal to three.

Measurement of the flow of bread mass is carried out in the conveyor. The driven shaft of the conveyor is floating. Depending on the flow, it moves. The position of the shaft is measured using a magnetic sensor. An electro-proportional hydraulic distributor was chosen as the executive mechanism, which moves the washer of the hydraulic pump according to the control signal.

As a result, the structural diagram of the automated system for stabilizing the loading of the grain harvester [3] took the following form (Fig. 2)

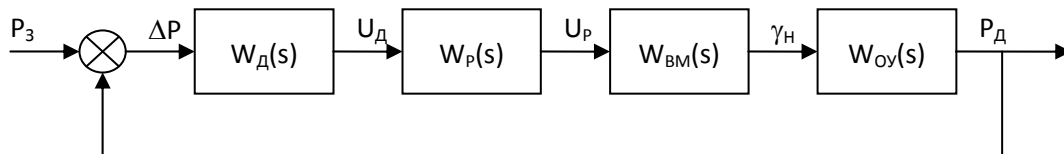


Figure 2 – Structural diagram of the SAR of the harvester loading

Source: developed by the authors

This system can be considered as a stabilization system if it is brought to the required form. Then, for the transfer function of the regulator, it is possible to use the optimal regulator synthesis algorithm [4]. As a result of its application, the transfer function of the optimal regulator was obtained

$$W_{pez} = \frac{0,93(20s + 1)(0,111s^2 + 0,467s + 1)}{(14,42s + 1)(0,66s + 1)(9,76s + 1)}. \quad (2)$$

The method of simulation modeling was used to study the qualitative characteristics of the automated stabilization system. A model of the operation of a grain harvester without a stabilization system and with an automated stabilization system was developed. In the simulation, the value of the grain mass flow was determined by multiplying the yield change signals and the speed of the combine previously multiplied by the connection coefficient, which includes the width of the harvester grip and the parameter of the ratio of grain to non-grain mass, which were considered constant. The root mean square deviation of the system with the optimal regulator is 0.77 kg/s, while it decreased by 6 times in relation to the system without regulation.

## Список літератури

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
2. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / В.А. Дідур, О.Д. Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан; – К.: Аграрна освіта, 2008. – 577 с.
3. Стеклов В.К. Проектування систем автоматичного керування.-К.:Вища школа,1995.-231 с.
4. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління: Підручник. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.

## Перетворювач частот для регулювання подачі води у систему водопостачання

Для покращення умов отримання води із скважин використовують насоси, які цю воду подають в трубопроводи. Через те що споживання води в різний час доби та за різних умов відрізняється, змінюється тиск який знаходиться в трубопроводах. Даний нюанс призводить до збільшення ризиків отримання поломки обладнання чи трубопроводу. Також спричиняє зайві витрати електроенергії та зношуваність обладнання.

Перетворювач частот досить широко використовується у світі для регулювання подачі води з одного місця в інше. Без його застосування при увімкненні насосу відбувається стрибок електроенергії, який короткочасно перевантажує систему та суттєво збільшує ризик поломки як насоса, так і приладів в системі електропостачання. Може викликати просадку електромережі.

На основі включення перетворювача частот в систему водопостачання можна отримати:

- зупинку обладнання при відсутності матеріалу для перекачування насосом.
- плавний розгін роботи двигуна та споживання електромережі;
- отримання сигналізації при якійсь аварії чи поломці;
- автоматичне вимкнення насоса при якійсь поломці, при відсутності однієї з фаз чи аварійній ситуації;
- автоматизоване та/або дистанційне управління;

Для прикладу можна розглянути можна розглянути систему отримання води із скважини в проміжну ємність, а саме водонапірну башню (див. рис. 1), для подальшого використання в системі водопостачання.

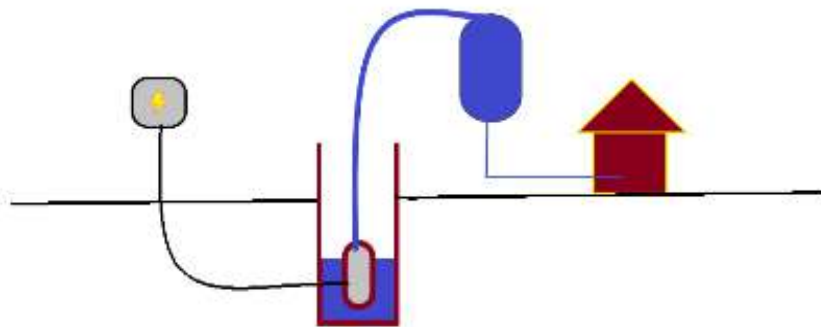


Рисунок 1. - Схема звичайного водопостачання до споживачів.

В даному випадку насос вмикається в залежності від рівня води в водонапірній башні. При спрацюванні низького рівня води, вмикається насос. В результаті відбувається стрибок по напрузі і він одразу працює в результативній потужності. Таким чином виникає ризик пробиву трубопроводу різницею тисків та зрив запірної арматури. Також негативним впливом є те, що тиск води у споживачів дуже сильно коливається, спричиняючи незручності. Насос працює споживаючи більшу електроенергію, враховуючи відсутність оптимізації. Окрім технічних нюансів, наявність водонапірної башні додає ризик забруднення та зараження води в ній. А також подібна схема дорожча в обслуговуванні і має багато нюансів.

При необхідності збереження води в ємності можна використовувати гідроаккумулятор, який буде приглушати невеликі зміни тиску які виникають при перекачуванні води, щоб споживачу це не доставляло незручностей..

Якщо застосувати частотний перетворювач, ми зможемо зберігати тиск в системі водопостачання стабільним, зможемо відмовитись від використання водонапірної башні, приберемо зайві витрати електроенергії та зменшимо ризик пошкодження за рахунок стрибка по току. Система водопостачання із застосуванням перетворювача частоти представлена на рис. 2.

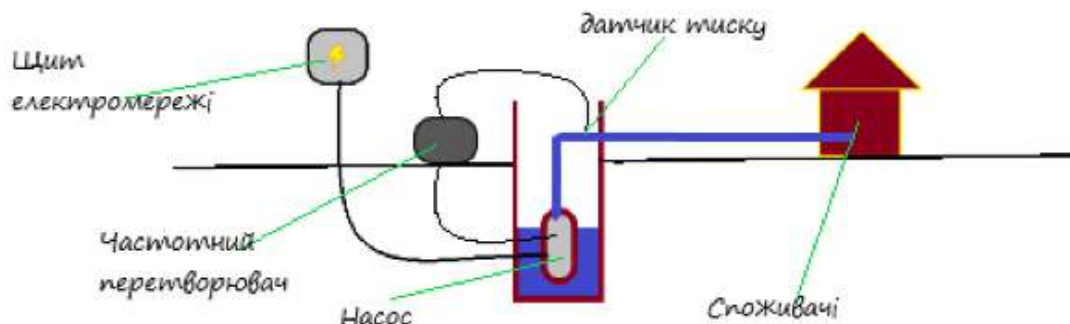


Рисунок 2. - Схема постачання води з застосуванням ПЧ.

Встановлюємо датчик тиску на виході із скважини до споживачів. Частотний перетворювач отримує дані з датчика та двигуна на насосі. Враховуючи показання регулює кількість обертів двигуна на насосі. Зупинити роботу насоса можна просто переставши подавати напругу, або за допомогою перетворювача частот(це значно швидше).

Приблизні розрахунки. Припустимо, що споживання води в системі буде сягати від 900л до 1800л в годину(не враховуючи повну відсутність споживання та споживання одразу всіма споживчими запірними арматурами), тому можемо використати насос свердловинний Kitline 4QGD 1.2-50-0,37. Для попередження гідродара та допомозі в стабілізації тиску можна використати додатково гідроаккумулятор AquaSystem VAO 80. Датчик тиску можна використати Насос споживає до 0.37кВт тому можна обрати ПЧ CFM110 0.55кВт АС Привід, можна замінити слабшим аналогом.

Перетворювачі CFM виконано на сучасній елементній базі: силові ключі - на IGBT (біполярний транзистор з ізольованим затвором); система керування - на спеціалізованому мікроконтролері; тощо з широким використанням поверхнево - монттованих елементів (SMD) і автоматизованого монтажу друкованих плат.

## Список літератури

1. <https://elmar.com.ua/stati/preobrazovateli-chastoty-obzor-primeneniya.html?sl=uk> - застосування частотних перетворювачів .
2. <https://samelectryk.in.ua/електрообладнання/реле,-контактори,-датчики/454-що-таке-частотний-перетворювач,-як-він-працює-і-для-чого-потрібен.html>
3. [http://reinolds.com.ua/equipment/Насосное&Оборудование/skvag\\_nasosy/Kitline/skvag\\_kitline.php](http://reinolds.com.ua/equipment/Насосное&Оборудование/skvag_nasosy/Kitline/skvag_kitline.php) - насос Kitline 4QGD 1.2-50-0,37
4. [http://reinolds.com.ua/equipment/Насосно&Оборудование/baki\\_i\\_membrany/Aquasystem.php](http://reinolds.com.ua/equipment/Насосно&Оборудование/baki_i_membrany/Aquasystem.php) - Aquasystem VAO 80
5. <https://danfoss.net.ua/products/4286/546/4343/4567.html> - MBS 1700
6. <https://acprivod.com.ua/wp-content/uploads/2018/02/110manual405.pdf> - CFM110 0.55кВт АС Привід

**Василь Кондратець**, проф., док-р техн. наук, **Олександр Сербул**, доц., канд. техн. наук,  
**Олександр Дідик**, доц., канд. техн. наук, **Олесь Ізовіта**, аспірант  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*e-mail: serbulan@ukr.net*

## Підвищення точності ідентифікації моделей складних систем

Для подрібнення руди в процесах збагачення широко використовують кульові млини, що працюють у замкнутому циклі з спіральним класифікатором, при цьому споживається понад 50 % загальних витрат на отримання кінцевої продукції. Найкращі результати забезпечують кульові млини при підтриманні певного розрідження пульпи. В наслідок неможливості ручного регулювання та відсутності автоматичних засобів контролю, цей параметр не підтримують на заданих рівнях, а кульові млини перевитрачають електричну енергію, кулі, футерівку, тому дослідження, присвячені розв'язанню задачі підтримання розрідження пульпи в кульових млинах з циркулюючим навантаженням є актуальними.

Низька точність, велике транспортне запізнювання не дозволили реалізувати запропоновані раніше пристрої. Позбавленими вказаних недоліків виявилися системи автоматичного регулювання заданого співвідношення руда/вода на вході кульового млина. Однак практика їх застосування показала, що дані системи також реалізувати не можливо. Вади, притаманні розробленим пристроям, відсутні у способі стабілізації співвідношення руда/вода [1]. Розроблена математична модель співвідношення руда/вода володіє неповною інваріантністю до ряду технологічних параметрів. Однак на результат ідентифікації моделі розрідження пульпи впливає ряд параметрів. Задача досягнення необхідної точності ідентифікації моделі у таких випадках ніким не досліджувалася.

Метою досліджень є оптимізація точності ідентифікації моделі розрідження пульпи в кульовому млині з циркулюючим навантаженням в умовах можливої варіації точності визначення параметрів і вимірювання одного з параметрів зі значною похибкою.

Вхідні матеріальні комунікації кульового млина з циркулюючим навантаженням відрізняються різним запізнюванням і виступають у якості регульованого об'єкта, обмеженого на вході точками установки датчика витрати води в млин, датчика витрати руди, датчика витрати пульпи в пісковому жолобі, датчика витрати води в пісковий жолоб, а на виході – станом матеріалу, що поступає в кульовий млин і характеризується фактичним значенням співвідношення руда/вода  $K_{p/в}$ .

Математична модель співвідношення руда/вода на вході кульового млина з циркулюючим навантаженням має вигляд [1]

$$K_{p/в} = \frac{A \cdot (Q_n - Q_{вжс}) + Q_p}{Q_в + Q_{вжс} + K_n [A \cdot (Q_n - Q_{вжс})]}, \quad (1)$$

де  $K_{p/в}$  – співвідношення руда/вода;

$K_n$  – стала, що визначається вмістом вологи в пісках класифікатора;

$A$  – змінна константа, що залежить від густини руди  $\delta_p$ , води і вмісту вологи в пісках класифікатора;

$Q_n, Q_{вжс}$  – відповідно об'ємна витрата пульпи у пісковому жолобі та води в пісковий жолоб класифікатора;

$Q_p, Q_в, Q_{вжс}$  – відповідно масова витрата руди і води в кульовий млин та води в пісковий жолоб класифікатора.

Похибка визначення кожного з цих параметрів впливає на точність ідентифікації моделі розрідження пульпи в кульовому млині. Параметри  $K_n$ ,  $\delta_p$  і  $Q_{вжс}$  є незмінними і

практично не впливають на процес. Результат ідентифікації буде визначатися змінними  $Q_p$ ,  $Q_\varepsilon$  і  $Q_n$ . Складність ідентифікації полягає в тому, що виміряти  $Q_n$  з достатньо високою точністю практично не можливо. Найкращі результати ідентифікації можливо отримати в процесі оптимізації, коли одночасно враховують вплив на  $K_{p/\varepsilon}$  усіх факторів.

Критерій оптимальності встановимо на рівні  $J = \delta_{K_{p/\varepsilon}}, \% \leq 3,0[2]$ . За базове значення співвідношення руда/вода  $K_{(p/\varepsilon)\delta}$  приймемо значення, що знайдено за виразом математичної моделі при всіх параметрах, що визначені без похибок.

При вимірюванні будь-якого з вхідних параметрів будемо вносити похибку. При врахуванні параметра, знайденого з похибкою, будемо мати похибку у визначенні співвідношення руда/вода. Відносна помилка визначення співвідношення руда/вода буде мати наступний вигляд

$$\delta_{K_{(p/\varepsilon)\Sigma}} = \frac{100}{K_{(p/\varepsilon)\delta}} \sqrt{[K_{(p/\varepsilon)\delta} - K_{(p/\varepsilon)p}]^2 + [K_{(p/\varepsilon)\delta} - K_{(p/\varepsilon)\varepsilon}]^2 + [K_{(p/\varepsilon)\delta} - K_{(p/\varepsilon)n}]^2} \cdot \% \quad (2)$$

Процес можна розглядати як незалежні три стадії оптимізації, в яких отримують окремі результати в чисельному значенні. Загальний критерій оптимальності буде дорівнювати сумі відповідних показників у кожній з стадій, знайдений за виразом (2).

Оптимізацію першої стадії зведемо до вибору засобу вимірювання витрати руди у млин. При збільшенні похибки вимірювання витрати руди виникає похибка у визначенні  $K_{p/\varepsilon}$ , але вона менша по величині похибки вимірювання. Приймемо для вимірювання витрати руди конвеєрні ваги класу  $\pm 1,0$ . При цьому критерій оптимальності в першій стадії оптимізації складе  $\Delta K_{p/\varepsilon} = 0,02$ .

Оптимізацію другої стадії проведемо стосовно вимірювання витрати води в кульовий млин. Тут отримуємо аналогічні результати. Зміна критерію оптимальності на другій стадії відбувається на  $\Delta K_{p/\varepsilon} = 0,021$  для витратоміра з похибкою вимірювання  $\pm 1,0$  %.

Оптимізація на третій стадії стосується вибору витратоміра пульпи у піщовому жолобі, який забезпечує похибку вимірювання  $\pm 3,0$  %. На даній стадії оптимізації критерій оптимальності збільшується на саму значну величину, яка становить  $\Delta K_{p/\varepsilon} = 0,041 \div 0,068$ . Відносна максимальна помилка визначення  $K_{p/\varepsilon}$  дорівнює 0,0739, або 1,72 %, що не перевищує його граничне значення  $\pm 3,0$  %.

Отже, завдяки оптимізації точнісних характеристик вимірювачів технологічних параметрів можна забезпечити підвищення точності ідентифікації моделі розрідження пульпи в кульовому млині, що працює в замкнутому циклі з механічним класифікатором при високій похибці вимірювання об'ємної витрати пульпи в піщовому жолобі класифікатора і допустимих похибках витратомірів води і руди в технологічний агрегат. В складних умовах відносна максимальна похибка ідентифікації моделі розрідження пульпи в кульовому млині складає 1,72 %, що нижче її граничного значення  $\pm 3,0$  %. Отримані результати досліджень відкривають перспективу розробки пристрою ідентифікації моделі співвідношення руда/вода з високими технологічними характеристиками при низькій точності вимірювання окремих технологічних параметрів.

## Список літератури

1. Пат. 59644 Україна, МПК В 03 b 11/00, В 02 c 25/00. Спосіб автоматичної стабілізації розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням /Кондратець В.О., Сербул О.М.; заявник і власник патенту Кіровоградський національний технічний університет. – № 2002118758; заявл. 15.11.2002; опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4.
2. Кондратець В.О. Комп'ютерно інтегрована система автоматичного управління співвідношенням руда/вода в кульових млинах з циркулюючим навантаженням /В. Кондратець, О. Сербул //Академический вестник. – 2006. – № 17-18. – С. 37-41.

<sup>1</sup>Ірина Березюк, доц., канд. техн. наук, <sup>2</sup>Валентина Зубенко, доц., канд. техн. наук

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет

<sup>2</sup>Херсонський державний аграрно-економічний університет,

e-mail: [shapovalovai@ukr.net](mailto:shapovalovai@ukr.net); [Zub\\_valya@ukr.net](mailto:Zub_valya@ukr.net)

## Визначення граничних рубежів якості системи стабілізації потужності різання для деревообробного верстата

Характерними рисами розвитку сучасної деревообробної галузі безперервне ускладнення устаткування і необхідність його роботи в оптимальних режимах в умовах дії різних параметричних і сигнальних збурюючих факторів, причинами і джерелами яких як зовнішні, так і внутрішні явища, зокрема зміна глибини різання, зміна фізичних властивостей деревини, відбувається поступове зношування ріжучого інструменту та ін. Все це призводить до зміни потужності, яка витрачається на обробку, тому доцільним використання систем стабілізації потужності різання. При цьому до таких систем висуваються жорсткі вимоги, а саме висока швидкодія та плавність руху, відсутність перегулювання в перехідних режимах та достатній запас стійкості.

На основі нових підходів [1,2] до створення системи стабілізації потужності різання на деревообробному верстаті визначено нові моделі динаміки об'єкту управління (системи "деревообробний верстат – процес різання") та збурень, які супроводжують процес обробки [2], а також знайдено структуру та параметри оптимального регулятора, який забезпечує підвищення точності стабілізації потужності різання на два порядки [2].

Слід зауважити, що функціонування системи стабілізації потужності різання відбувається в умовах невизначеності, яка проявляється в наступному:

- ріжучі властивості інструменту безперервно змінюються і складно визначити його характеристики в даний момент часу;
- властивості технологічної системи верстата невизначені, оскільки піддаються впливу випадкових збурень, які важко виявити;
- фізико – механічні властивості деревини змінюються випадковим чином від колоди до колоди.

В таких умовах забезпечення конкурентоздатності системи, що пропонується, вимагає оцінки здатності замкненої системи зберігати стійкість та якість роботи при зміні моделей динаміки об'єкта керування.

Дослідження здатності замкненої системи автоматичного керування зберігати стійкість та якість роботи при зміні моделей динаміки об'єкта керування є предметом теорії робастних систем [4-8]. Як правило, зміна моделі динаміки об'єкта керування відбувається в наслідок лінеаризації реального об'єкта керування, яка відбувається в процесі постановки задачі проектування системи керування, та використанні спрощеної моделі при синтезі.

В сучасній теорії робастного керування [4-8] розрізняють дві причини зміни моделі динаміки об'єкта керування. Перша – неструктуровані внутрішні збурення, наслідком дії яких є зміна порядку та параметрів матриці передаточних функцій об'єкта керування. Друга причина – це структуровані внутрішні збурення, дія яких не змінює порядок поліномів чисельника та знаменника передаточної функції об'єкта керування, а впливає лише на параметри зазначених функцій.

Як доведено в роботах [4-8] найбільш шкідливий вплив на роботу оптимальних систем стабілізації та керування здійснюють неструктуровані збурення, оскільки вони можуть викликати навіть втрату стійкості замкнених систем керування.

В роботі [1] показано, що доставляючи мінімум квадратичному критерію якості вибором структури та параметрів регулятора, одночасно тим самим забезпечується певна грубість системи до зміни структури об'єкта управління або в термінах робіт [5,8] досягається робастність по відношенню до неструктурованих збурень.

Тому питання про вплив зміни структури та параметрів об'єкта керування на якість процесу керування в оптимальній системі потребувало подальших досліджень, мета яких була сформульована як визначення класу неструктурованих збурень, вплив яких не призводить до втрати стійкості системи з оптимальним регулятором. Для цього і виконані дослідження робастної стійкості.

В результаті аналізу існуючих методів та алгоритмів визначення робастної стійкості обрано метод викладений в [ 5 ].

Завдання дослідження робастної стійкості полягало у визначенні максимального можливого коефіцієнту підсилення потужності неструктурованих збурень, при якому оптимальна система залишається стійкою. Іншими словами, це означає [4-8] знаходження  $\infty$ -норми матриці передаточних функцій неструктурованих збурень, перевищення якої має наслідком втрату стійкості замкненої системи, на основі даних про матриць дискретних передаточних функцій об'єкта керування та регулятора, а також типу неструктурованих збурень.

Аналіз отриманих даних показав, що оптимальний регулятор забезпечує стійкість замкнутої системи в умовах дії адитивної, мультиплікативної та дробово – раціональної невизначеностей.

Система стабілізації потужності різання синтезована на основі сучасних підходів володіє властивістю робастності для неструктурованих адитивних, мультиплікативних невизначеностей,  $\infty$  - норма яких не перевищує 0.2304, 1.08, 0.2304 відповідно.

## Список літератури

1. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: монография / В.Н. Азарсков, Л.Н. Блохин, Л.С. Житецкий; под ред. Л.Н. Блохина. К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. 400 с.
2. Березюк І.А., Голик О.П., Солдатенко В.П. Динамічне проектування оптимальної системи стохастичної стабілізації потужності різання для стрічкопилкового верстата. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький, 2020, вип. 3(34). С. 169-174
3. Блохин Л.Н. Оптимальные системы стабилизации. К.: Техніка, 1982. 144 с.
4. Kwakernaak H. . Robust Control and  $H_{\infty}$  - Optimization. *Automatica*. 1993, vol.29. №2. P. 255 – 273
5. Методы классической и современной теории автоматического управления: Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления/ под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. М.: МГТУ им. Баумана, 2004. 640 с.
6. Francis B.A. F Course in  $H_{\infty}$  Control Theory . Berlin: Springer-Verlag. 1986. pp. 156
7. Xue D. Linear Feedback Control : Analysis and Design whith MATLAB. Atherton - Philadelphia: SIAM, 2007. pp. 356
8. Gu D.-W. Robust Control Design with Matlab. Leipzig: Springer, 2005. pp. 389

Ложечніков Вадим<sup>1</sup>, доц., канд. техн. наук, Ложечнікова Єлизавета<sup>2</sup>, студентка

<sup>1</sup>Національний університет «Одеська політехніка»,

<sup>2</sup>Одеський національний медичний університет

e-mail: fontan.lev@gmail.com, l0669684006@gmail.com

## Визначення можливості спалювання горючих штучних газів для опалення медичних установ

Для сучасної української держави, з урахуванням особливостей її географічного положення та наявності певного виду енергоресурсів, перспективним напрямом розвитку енергетичної галузі може стати реалізація маловитратних та швидко окупних заходів, що дозволяють без залучення значних коштів, зменшити споживання палива та електроенергії для обігріву медичних установ. До таких заходів можна віднести використання на існуючих парогенераторах, що працюють на органічному паливі, нових структурних схем систем автоматичного управління, які дозволять без істотної модернізації обладнання використовувати у якості дешевого палива штучні гази.

До штучних газів, які одержують із твердого палива, відносяться коксовий, сланцевий, генераторний та доменний. Найчастіше ці гази є побічним продуктом хімічного чи металургійного виробництва та не вигідні економічно для передачі на далекі відстані, оскільки мають малу теплотворну здатність.

У вирішенні проблеми спалювання палива зі змінним хімічним складом можна виділити кілька основних напрямків: конструкційний, технологічний та аналітичний. Провідними світовими розробниками технологій спалювання синтез-газів є Siemens, General Electric та Mitsubishi Heavy Industries, які пропонують спалювати штучні гази в газотурбінних установках (ГТУ) з удосконаленими камерами згоряння [1]. Також розглядається можливість модернізації самих пальникових пристроїв з метою зміни геометрії факела, де в конструкції пальника використовується ефект взаємодії газових струменів з поперечним потоком набігаючого повітря [2].

У теперішній час в Україні на теплових електростанціях, оснащених барабанними котлами, у промислових та теплофікаційних котельнях для підтримки заданої продуктивності пари використовується типова автоматична система управління (АСУ) теплового навантаження. Завдання АСУ теплового навантаження полягає у підтримці заданого тиску перегрітої пари, коли барабанний котел працює в регульовальному режимі або заданої витрати перегрітої пари, коли котел працює в базовому режимі. Така АСУ, як правило, реалізується у двох модифікаціях – з сигналом по витраті палива, коли на пальникові пристрої подається рідке або газоподібне паливо з постійною теплотворною здатністю, і з сигналом з тепловиділення в камері топки, коли використовується тверде паливо, коли якісний склад рідкого або газоподібного палива не є постійним [3].

Здатність АСУ теплового навантаження з сигналом з тепловиділення компенсувати внутрішньотопкові збурення питомою теплотою згоряння палива обмежена пропускнуною спроможністю регулюючого органу, яка не перевищує 20% від номінальної витрати природного газу. Також необхідно враховувати щільність та теплотворну здатність штучних газів, які можуть відрізнятися від аналогічних властивостей природного газу ( $\rho_{III}=0,68\div0,85\text{ кг/м}^3$ ,  $Q_H^{PIII}=28\div46\text{ МДж/м}^3$ ) як у більшу, так і меншу сторону.

Максимальна об'ємна витрата газу, наведена до нормальних умов ( $P=1,033\text{ кгс/см}^2$ ,  $\Theta=0^\circ\text{C}$ ), через регулюючий орган (РО) визначається рівнянням

$$Q_{max} = 535 K_9^{max} \sqrt{\frac{\Delta P_{PO} P_2}{\rho T_1 k'}} \quad (1)$$

де  $K_{v\ max}$  – максимальна пропускна спроможність РО,  $\Delta P_{PO}$  – перепад тиску на РО,  $P_2$  – тиск середовища після РО,  $\rho$  – щільність газу,  $T_1$  – температура газу перед РО,  $k'$  – коефіцієнт стисливості. Оскільки  $K_{v\ max}$ ,  $P_2$ ,  $T_1$ ,  $k'$  у процесі роботи котельного обладнання практично не змінюються, то рівняння (1) можна записати у вигляді

$$Q_{max} = K_{PO} \sqrt{\frac{\Delta P_{PO}}{\rho}}, \quad (2)$$

де  $K_{PO}$  – постійний коефіцієнт, що визначає максимальну витрату газу на пальникові пристрої в залежності від перепаду тиску на РО та щільності газу. З урахуванням теплотворної здатності газу  $Q_H^P$  тепловиділення в камері згоряння буде визначатися рівнянням

$$Q_T = Q_H^P Q_{max} = Q_H^P K_{PO} \sqrt{\frac{\Delta P_{PO}}{\rho}}. \quad (3)$$

Якщо прийняти, що тиск газу в газопроводі підтримується постійним, то тепловиділення в камері топки при повністю відкритому РО буде залежати тільки від щільності газу і його теплотворної здатності. Відношення тепловиділення природного газу  $Q_T^{PI}$  до тепловиділення штучного газу  $Q_T^{PII}$  дозволяє визначити потенційну можливість використання існуючого котельного обладнання для спалювання альтернативного газоподібного палива

$$\frac{Q_T^{PI}}{Q_T^{PII}} = \frac{Q_H^{PII}}{Q_H^{PI}} \sqrt{\frac{\rho_{PII}}{\rho_{PI}}}. \quad (4)$$

Результати розрахунку показують, що тільки газ, отриманий шляхом низькотемпературного коксування з бітумінозного вугілля, може бути використаний замість природного газу (додаткове відкриття регулюючого органу для забезпечення номінальної генерації пари становитиме 4%).

Таким чином, виникає науково-технічна задача щодо розширення (у бік збільшення) діапазону керуючого впливу автоматичної системи управління тепловим навантаженням з сигналом по теплоті, з метою використання як паливо штучних газів, коли пропускна здатність регулюючого органу не в змозі забезпечити подачу на пальникові пристрої необхідної кількості штучного газу.

Одним із способів збільшення пропускної спроможності регулюючого органу є збільшення перепаду тиску на ньому. Технічно цього можна досягти, якщо штучний газ подавати на пальникові пристрої за допомогою компресора, який за рахунок підвищення тиску газу перед повністю відкритим регулюючим органом, збільшує витрату і таким чином компенсує його низьку теплотворну здатність і (або) велику щільність.

Проведені дослідження показали, що існує можливість використання дешевого низькокалорійного штучного газу у якості заміни дорогого імпортного природного газу. Одним з основних обмежувальних факторів використання дешевого палива без істотної модернізації енергетичного обладнання є пропускна здатність регулюючого органу. Вирішення проблеми досягається шляхом підвищення тиску газу в газопроводі за допомогою компресора. Введення у технологічну схему газового компресора призводить до необхідності модифікації типового АСУ теплового навантаження.

#### Список літератури

1. Tanaka K. Gas turbine combustor technology contributing to environmental conservation / K. Tanaka, K. Nishida, W. Akizuk // Mitsubishi Heavy Industries Technical Review. – 2009. – V. 46, № 2. – P. 6–12.
2. Яковлев В.А. Испытания работы газогорелочного устройства с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой / В.А. Яковлев // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9. – С. 299 – 306.
3. Плетнев Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике / Г. П. Плетнев // МЭИ. – 2007. – 352 с.
4. Брунеткин А.И. Метод определения состава горючих газов при их сжигании / А. И. Брунеткин, М. В. Максимов // [Науковий вісник Національного гірничого університету](#). – 2015. – № 5. – С. 83–90.

**Максим Мосольд**, магістрант, **Єлизавета Мелешко**, проф., докт. техн. наук, **Микола Якименко**, доц., канд. фіз.-мат. наук, **Дмитро Башенко**, аспірант

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

*e-mail: maximmosold@gmail.com, elismelashko@gmail.com, m.yakymenko@gmail.com,*

*bashchenko.dv@meta.ua*

## Програмне імітаційне моделювання епідемій

Метою даної роботи було створення програмного забезпечення для імітаційного моделювання епідемій та дослідження можливостей мови Python і пакету інструментів EpiModel для мови R при вирішенні даної задачі. Моделювання процесів поширення та прогнозування наслідків епідемій як інфекційних, так і інформаційно-психологічних є важливою науково-практичною задачею у наш час. Існують підходи та поради щодо моделювання епідемій, а також інструменти, за допомогою яких можна спростити шлях до досягнення потрібної мети. Епідемічні моделі поділяють на два основні види: стохастична модель [1] та детермінована модель [2]. Найбільш відомі математичні моделі епідемій – SI, SIR та SIS. Було розроблено програмну імітаційну модель епідемій засобами мови Python та пакету інструментів EpiModel [3] для мови R.

Програмна модель епідемії розроблялася на мові Python, так як ця мова може підтримувати широкий перелік стилів розробки застосунків, в тому числі, дуже зручна для роботи з об'єктно-орієнтованою та функціональною парадигмами програмування [4], що дуже доречно для розробки застосунків, метою яких є аналіз даних та комп'ютерне моделювання. Для створення графічного інтерфейсу користувача було використано Qt Designer [5]. Qt Designer дозволяє швидко проектувати віджети і діалоги, використовуючи екранні форми з використанням тих же віджетів, які будуть використовуватися в застосунку. Форми, створені з Qt Designer, є повністю функціональними, а також можуть бути переглянуті в режимі реального часу. Розроблений інтерфейс зберігається в файл з розширенням `.ui`, який підключається до створюваної програми за допомогою спеціальних методів бібліотеки Qt. Цей файл має `xml`-формат, і може, в разі необхідності, редагуватися в будь-якому текстовому редакторі. Код `.ui`-файлу конвертується в Python-файл, який потім імпортується і використовується як звичайний модуль. В цьому може допомогти інструмент розробника Pyuic5, який полегшує перетворення файлів `*.ui` PyQt5 Designer у файли `*.py` [6]. Для зберігання даних розробленої системи застосунків використовувалася SQLite 3. SQLite – це вбудована кросплатформна СУБД, яка підтримує досить повний набір команд SQL і має досить зручний програмний інтерфейс для мови програмування Python [7]. Вона є дуже надійною та простою у використанні. SQLite ідеально підходить для використання в даній системі застосунків, тому що ця СУБД швидка, не вимагає спеціальної установки, а база даних зберігається на диску у вигляді одного файлу. Для проведення наукових розрахунків з використанням багатовимірних масивів обрано стандартний пакет Numpy.

EpiModel – це набір програмних інструментів для моделювання математичних моделей, динаміки інфекційних захворювань [3]. Класи епідемічних моделей включають детерміновані компартментні моделі, стохастичні моделі індивідуального контакту та стохастичні моделі мережі. Мережеві моделі використовують надійні статистичні методи моделей випадкових графіків експоненціальних сімей (ERGM) із набору програм Statnet. Стандартні шаблони для моделювання епідемій включають такі типи захворювань: SI, SIR та SIS. EpiModel має простий API для розширення цих шаблонів для вирішення нових цілей наукових досліджень.

Розроблена система моделювання та прогнозування наслідків епідемії складається з двох програмних застосунків з графічними інтерфейсами. Перший застосунок має такі дві

основні функції: а) завантаження у базу даних структури зв'язків між користувачами деякої частини існуючої віртуальної соціальної мережі (для одержання реалістичної структури соціальної мережі); б) підготовка бази даних до моделювання поширення епідемії по завантаженому графу віртуальної соціальної мережі. Другий застосунок, оперуючи багатьма факторами, моделює епідемію, прогнозує її наслідки та відображає статистичну інформацію про хід моделювання та стан користувачів соціальної мережі.

База даних, що створюється та використовується під час виконання системи моделювання та прогнозування наслідків епідемії, має 5 таблиць: а) *users* – основна таблиця, що зберігає всіх опрацьованих учасників соціальної мережі; б) *before\_modeling* – учасники соціальної мережі потрапляють до цієї таблиці під час процедури підготовки бази даних до моделювання. Також виконує функцію резервного сховища даних, яке можна повторно використовувати, щоб моделювати декілька епідемій без повторного запуску процедури підготовки бази даних; в) *healthy* – до цієї таблиці вносяться здорові учасники соцмережі під час моделювання епідемії; г) *not\_healthy* – до цієї таблиці вносяться хворі учасники соцмережі під час моделювання епідемії; г) *dead* – до цієї таблиці вносяться мертві учасники соціальної мережі під час моделювання епідемії.

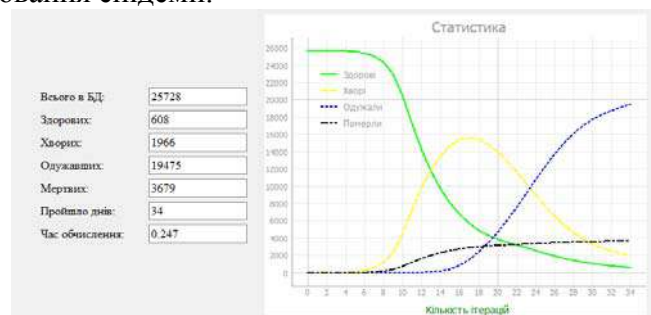


Рисунок 3. - Результат проведення експерименту у розробленій програмній імітаційній моделі

Тестувалася модель на прикладі поширення інфекційних захворювань, хоча також може бути використана для моделювання поширення інформаційно-психологічних впливів. Було досліджено можливості мови програмування Python та пакету інструментів EpiModel мови R для імітаційного моделювання епідемій. Дослідження показало, що дані мова програмування та пакет інструментів дають усі необхідні засоби для розробки програмної моделі епідемій. Python дозволяє швидко розробляти програми для аналізу даних, Qt Designer дає можливість створити зручний графічний інтерфейс користувача для застосунків на мові Python, а пакет інструментів EpiModel дозволяє реалізувати найбільш поширені математичні моделі епідемій, зокрема, SI, SIR та SIS. Структура соціальної мережі у даній моделі не генерувалася, а завантажувалася з частини віртуальної соціальної мережі, що прискорило розробку, а мова програмування Python дозволила за допомогою своїх інструментів та бібліотек створити парсер та взаємодію з API потрібного веб-ресурсу. Також було проведено серію експериментів з різними параметрами моделі для перевірки її працездатності та отримано очікувані результати моделювання.

#### Список літератури

1. Brzezniak Z. "Basic Stochastic Processes: A Course Through Exercises (Springer Undergraduate Mathematics Series)", 2000, с. 236.
2. David P., Raftery A.E., "Inference for Deterministic Simulation Models: The Bayesian Melding Approach", Journal of the American Statistical Association 95, 2000, с. 1244–1255.
3. EpiModel [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.epimodel.org/>
4. Budd T., "An Introduction to Object-Oriented Programming", Addison-Wesley; Subsequent edition, 1996, 452 p.
5. Blanchette J., Summerfield M., "C++ GUI Programming With Qt 4", Prentice Hall Ptr, 2006, 537 p.
6. Інструмент розробника PyQt5 [Електронний ре-сурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/Abdelatif/Pyuic5-Tool>
7. SQLite [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sqlite.org/>

**Максим Рисований**, бакалаврант, **Єлизавета Мелешко**, проф., докт. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: maximmosold@gmail.com, elismeleshko@gmail.com

## Переваги та недоліки розробки ігор та програмного забезпечення на рушії Unity

**Вступ.** Unity – це міжплатформне середовище розробки програмного забезпечення та комп'ютерних ігор. Двигун Unity дозволяє створювати програми, що працюють під більш ніж 20 різними операційними системами, що включають персональні комп'ютери, ігрові консолі, мобільні пристрої, Інтернет-програми та інші. Випуск рушія відбувся у 2005 році і з того моменту триває постійний його розвиток. На ньому написано більш ніж тисяча ігор, програм та застосунків, які охоплюють велику кількість жанрів. Варто зауважити, що Unity використовується не тільки великими компаніями, а також і маленькими незалежними студіями.

**Переваги використання Unity.** Основною перевагою двигуна є кросплатформність, тобто один і той самий вихідний код, який написаний групою або одним програмістом може бути перенесений на різні платформи (ПК, Мак, ігрова консоль, Android, IOS). Завдяки цьому скорочується час та гроші на розробку потрібної гри або програми. Наступною перевагою є наявність візуального середовища розробки. Цей фактор включає в себе інструментарій візуального моделювання, інтегроване середовище, ланцюжок складання та розробки, а також створення прототипів застосунку та його тестування. Ці складові допомагають розробнику облегшити його роботу та виконати її належним чином. Ще одною важливою перевагою є те, що двигун завжди розвивається та має велике ком'юніті розробників по всьому світу. Відповідно до досліджень та опитувань Unity Game Engine у світі налічується понад 4 мільйони зареєстрованих розробників та на даний момент є найприбутковішим 3D-рушієм у всіх країнах світу. Наступна перевага – це мова програмування C#. Більшість розробників використовує саме цю мову для написання застосунків. Ця мова є високорівневою і дозволяє програмісту легко увійти в розробку ігор. Також можна використовувати мову JavaScript, але вона є менш зручною у даному випадку. У середовищі Unity також є чудовий інтегрований редактор рівнів із підтримкою цих двох мов програмування.

**Недоліки використання Unity.** Як першим недоліком можна виділити, що розробка більш складної гри або програми може обійтися дорого, тому що базових безкоштовних бібліотек ніколи не вистачить, тому варто пам'ятати про бюджет при розробці більш великих застосунків. Другим недоліком є відсутність підтримки Unity посилок на зовнішні бібліотеки, через роботу з якими програмістам доводиться налаштовувати власноруч, в результаті це може ускладнювати розробку в групах. Також Unity-проекти забирають велику кількість пам'яті, це може спричинити помилки на мобільних пристроях та в подальшому проблеми з налагодженням та оптимізацією, а розробка великої AAA-гри потребує значної кількості оптимізації.

**Відомі продукти.** Найбільш відомі та найкращі ігри, які розроблялися на двигуні Unity: Rust, Pillars of Eternity, Ori And The Blind Forest, 7 Days to Die, Firewatch, Inside, Kerbal Space Program тощо. Усі ці ігри мають різні жанри та напрямки, але все що їх об'єднує це те, що вони усі комерційно успішні та мають велику кількість фанатів по всьому світу.

**Висновки.** Отже, Unity – це більше ніж ігровий рушій, це середовище розробки, у якому об'єднано різні програмні засоби, які незважаючи на наявність деяких недоліків є зручними та їх використання робить розробку максимально простою і комфортною, а його мультиплатформність дозволяє розробникам охопити не тільки одну платформу.

**Петро Плешков**, проф., канд. техн. наук, **Світлана Дубенко**, асистент, **Павло Волкорєзов**  
ст. гр. ЕЕ-21М

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кіровоградський, Україна  
e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

## Засоби підвищення якості електроенергії в розподільчих електричних мережах

Якість роботи електроспоживачів може змістовно впливати на втрати електроенергії, надійність системи електропостачання та технологічний процес підприємства в цілому.

При рішенні задачі підвищення якості електроенергії виникають економічні, математичні і технічні питання. Економічні питання вирішуються методами розрахунку збитків від погіршення якості електроенергії в системах електрозабезпечення. Математичні аспекти являють собою узагальнення тих чи інших методів кількісного розрахунку критеріїв якості електроенергії. Технічні аспекти вирішують шляхом розробки технічних засобів і заходів, що поліпшують якість електроенергії, а також організацію контролю і управління якістю.

Будівництво нових ліній електропередачі зв'язане зі значними витратами. Тому доводиться збільшувати потужність енергії, переданої по існуючих лініях, в основному за рахунок збільшення сили струму, що істотно впливає на якість електроенергії. Це досягне тільки при наступних умовах:

- відсутність теплових обмежень;
- наявність надійного керування розподілом потоків електроенергії в мережі між лініями, які живлять певну місцевість.

При виконанні цих умов можна підвищувати передану потужність в режимі максимальної надійності якості електропостачання, знаходячись у межах припустимої стійкості, тобто дотримуючись значення транспортного кута, який не перевищує  $40^\circ$ . Для регулювання величини транспортного кута застосовуються різні пристрої, наприклад, поперечні (шунтувальні) компенсатори й поздовжні компенсатори.

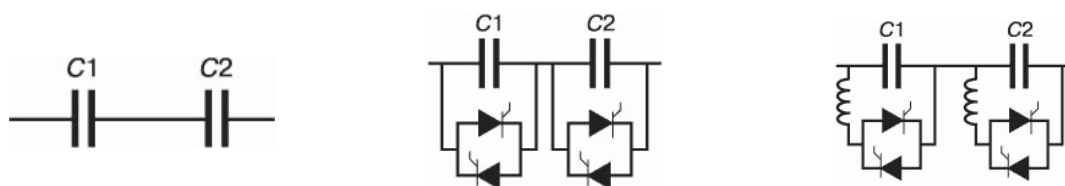


Рисунок 1 – Поздовжня компенсація з використанням конденсаторних батарей.

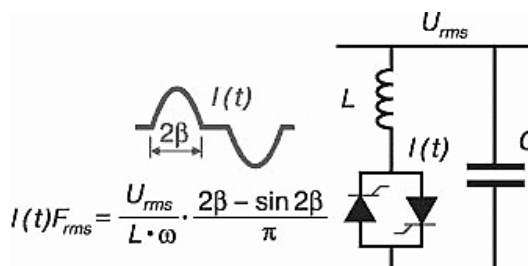


Рисунок 2 – Схема поперечної компенсації в лінії.

Керувати активною потужністю дозволяє регулювання кута між напругами ф.

Використання класичних систем FACTS, які засновані на використанні тиристорів (керування по струму), дозволяє поглинати або повертати реактивну потужність.

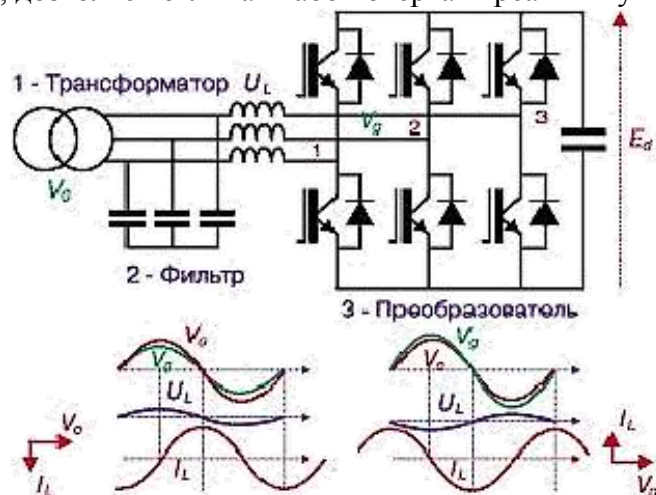


Рисунок 3 – Принцип роботи FACTS.

Компенсатори STATCOM здатні поглинати й повертати реактивну потужність  $Q$ , але їхнє застосування звичайно обмежується статичною компенсацією по причинах економічного характеру.

Система UPFC являє собою об'єднання систем STATCOM і SSSC. Це найбільш складна із систем FACTS. Вона дозволяє управляти і реактивною, і активною потужністю.

З метою стабілізації напруги розподільних мереж застосовуються ті ж самі засоби, що й у мережах передачі, хоча мети їх застосування трохи різняться.

Проблеми, викликані змінами напруги, відомі за назвою фліккер-ефекту (мерехтіння) анулюються за допомогою установки SVC. Проведені в ряді країн дослідження промислових установок, в тому числі і дугові печі, показали, що використання систем SVC дозволяє зменшити  $P_{st}$  до 1,5-2,6.

Шини постійного струму використовуються для вдосконалення перетворювачів напруги та уникання забруднення внутрішньої електромережі підприємства гармоніками. Дана технологія одержала найбільше розповсюдження в металургії та паперовій промисловості.

Симетрування однофазних навантажень здійснюється при допомозі статичних симетруючих пристроїв. Пристрої можуть бути виконані як з електричними, так і з електромагнітними зв'язками.

При виборі схеми живлення необхідна розробка варіантів, які виключають взаємний негативний вплив споживачів один на одного або тих, які впливають найменше. Якщо схемні рішення не дають бажаного результату, то повинні передбачатись додаткові заходи і заходів підвищення якості електроенергії. Оцінку таких заходів потрібно здійснювати комплексно з урахуванням проектних рішень в області електропостачання, електрообладнання і технології, а доцільність проведення даних заходів повинна підтверджуватись техніко-економічними розрахунками.

## Список літератури

1. Родькин Д.Й., Кожушок Г.Н. Особенности использования метода энергодиагностики. Вестник Харьковского политехнического университета. Проблемы автоматизированного электропривода, Харьков, ХПУ, т.2, 2002, стр. 526-531.
2. П.Г.Плешков, Ю.І.Казанцев, А.Ю.Орлович. Основи енергозбереження та енергозберігаючі режими в системах електропостачання промислових підприємств. – Кіровоград: РВЛ КНТУ 2007.

**Петро Плешков**, проф., канд. техн. наук, **Сергій Плешков**, доц., канд. техн. наук,  
**Світлана Дубенко**, асистент, **Ірина Іщенко**, ст. гр. ЕНМ-21М

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кіровоградський, Україна  
 e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

## Маркетинг електроспоживання підстанцій 330/150/35 кВ на основі АСКОЕ

Впровадження розробленої АСКОЕ на підстанції 330/150/35 кВ дає змогу забезпечити щоденний контроль працездатності засобів і приладів обліку електроенергії з місця розташування експлуатаційного і ремонтного персоналу; забезпечити оперативний контроль за виконанням диспетчерського графіка навантажень; підвищення швидкості обробки інформації; зниження технічних втрат електроенергії; перевірки працездатності системи обліку електроенергії шляхом розрахунку небалансів прийому, відпуску та споживання на власні потреби електроенергії; видачі первинної інформації з приладів обліку суміжним суб'єктам ОРЕ; і т.д.

Приймання електроенергії виконується по лініях 330 кВ, а для видачі суміжним суб'єктам ОРЕ та споживання на власні потреби використовуються лінії напруги 154 кВ, 35 кВ, 10 кВ.

Облік електроенергії на підстанції організований для визначення кількості електроенергії, яка надійшла на її шини та була передана у зовнішню мережу, а також власного споживання підстанції відповідно до вимог інструкції та нормативних документів.

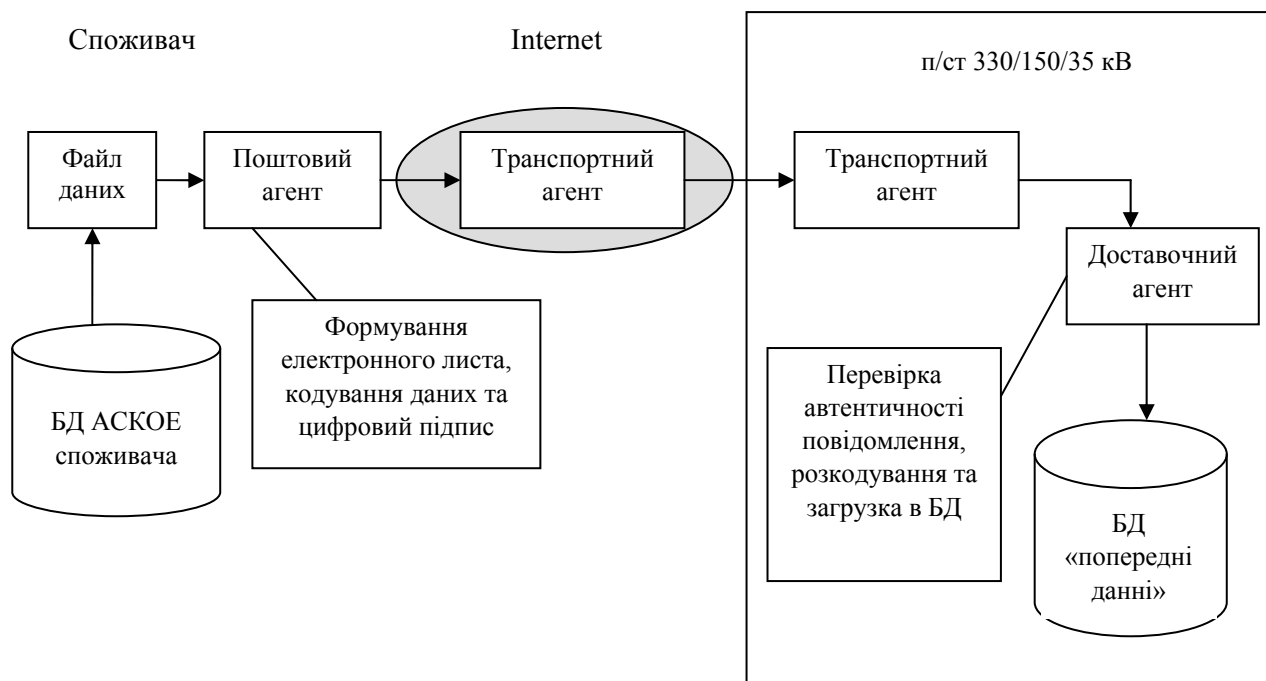


Рисунок 1 – Структурна схема заповнення БД АСКОЕ шляхом передачі файлів по електронній пошті.

Структурні схеми підключення Споживачів до АСКОЕ п/ст по такій схемі приведені на рис. 1. Оскільки поштовий сервер при такому підході підключається до спільної мережі Internet, на ньому повинні бути встановлені засоби захисту внутрішньої мережі п/ст від проникнення ззовні.

Створення АСКОВ для п/ст. 330/150/35 кВ здійснюється відповідно до технічного проекту. Система збору інформації АСКОВ п/ст забезпечує автоматизований облік електроенергії по всім необхідним приєднанням і передачу вимірювальної інформації на рівень ДЦ АСКОВ п/ст. АСКОВ п/ст забезпечує автоматизоване опитування точок обліку з наступними лічильниками електроенергії: ZMB, ZFB, ZMD, ZFD фірми Siemens, SL7000 фірми Actaris, та інші при майбутньому розширенні АСКОВ п/ст.

Кожен територіальне відокремлений комплекс має свою локальну обчислювальну мережу Ethernet, які в свою чергу об'єднуються між собою через мережеві мости та маршрутизатори у єдину обчислювальну мережу. Для поєднання в мережу вибрані модеми виділених каналів із функціями маршрутизаторів, які забезпечують захист від несанкціонованого доступу в локальну мережу із суміжних підсистем. Доступ до приладів обліку, серверів та в майбутньому до іншого обладнання забезпечується на фізичному рівні, рівні операційних систем. Доступ до приладів обліку може бути забезпечений з різних прикладних додатків різних користувачів незалежно один від одного. Узгоджена взаємодія паралельної роботи кількох прикладних програм різних користувачів з одними й тими ж приладами обліку досягається за рахунок можливостей операційних систем та використання мережевих мультипортів.

Застосування методики підключення приладів обліку та вимірювальних контролерів безпосередньо в обчислювальну мережу дає можливість системного використання інформації з цих приладів різними програмними додатками.

Сервер бази даних АСКОВ п/ст 330/150/35 кВ виконує наступні функції: формування ретроспективної бази даних про параметри відпустки, споживання, потоків електроенергії; формування оперативної бази даних про параметри відпуску, споживання, потоків електроенергії; формування інформації про режими відпуску, споживання, потоків потужності й електроенергії; формування інформації про поточну комерційну ситуації з Енергоринком і видача рекомендацій з регулювання складових балансу потужності й електроенергії п/ст; перевірка вірогідності (верифікація) вимірювальної інформації; формування і збереження інформації діагностичного характеру про функціонування системи.

Для забезпечення єдиного формату і специфікації даних комерційного обліку електроенергії, які передаються, зберігаються і відображаються на локальному, регіональному і центральному рівнях розподіленої системи комерційного обліку електроенергії України розроблено уніфіковану базу даних комерційного обліку електроенергії КВС. Область застосування КВС – локальний, регіональний і центральний рівні розподіленої АСКОВ в умовах енергоринку України.

## Список літератури

1. Кращі практики з енергозбереження. *Комунальне господарство: підприємства тепло, водопостачання та водовідведення*. Реформування тарифів та реструктуризація комунальних підприємств в Україні, ПАДКО 2002.
2. Браславский И.Я., Костылев А.В., Степанюк Д. П. Оптимизация энергопотребления при реализации пусковых режимов в системах ТПН— АД // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Вестник НТУ «Харьковский политехнический институт». — Харьков, 2003. - Вып. 10.

**Петро Плешков**, проф., канд. техн. наук, **Сергій Плешков**, доц., канд. техн. наук,  
**Світлана Дубенко**, асистент, **Наталія Кириленко**, ст. гр. ЕНМ-21М  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: kafedra.etsm@gmail.com

## Моніторинг та контроль електроспоживання комунально-побутових споживачів

Для живлення споживачів, розташованих на території міст, створюються спеціальні електричні мережі, що у порівнянні з електричними мережами енергетичних систем мають свої характерні риси.

Живлення міських споживачів здійснюється за допомогою розподільчих мереж напругою 6 – 10 кВ і 0,38 кВ. Схеми розподілення електричної енергії в середині житлових будівель залежать від надійності електропостачання, кількості поверхів, секцій, плану будівлі, наявності підвальних приміщень і вбудованих підприємств, магазинів, перукарень і т.п.

Способи визначення розрахункових навантажень базуються на експериментальному визначенні навантаження діючих електричних приймачів з наступною обробкою результатів вимірів методами математичної статистики і теорії імовірностей, статистичний підхід найбільш формалізований і відокремлений від виявлення характеру впливу кожної з безлічі причин, що формують електричне навантаження.

Величини електричних навантажень в житлових будівлях залежать від кількості електричних пристроїв в квартирах. Основою методики розрахунку електричних навантажень житлових будівель є визначення розрахункового навантаження житлового будинку, яке складається з силового навантаження (ліфти) і навантаження квартир. Навантаження квартир житлового будинку залежать від питомих навантажень, які приймається згідно ВСН-59-88.

Для підвищення ефективності обліку споживання та оплати електричної енергії використовують автоматизовану систему обліку електроенергії. Окрім функцій обліку дані системи також здійснюють контроль і управління електроспоживанням. Основний економічний ефект для споживача від застосування цих систем полягає в зменшенні платежів за спожиту енергію і потужність, а для енергокомпаній в зниженні піків споживання і зменшенні капіталовкладень на нарощування пікових генеруючих потужностей.

АСКОЕ побутового сектора Smart IMS 5.2 забезпечує автоматизований збір даних напряму від абонентських лічильників електричної енергії розподільчої мережі 220/380 В. Відмінністю являються простота впровадження і експлуатація системи, надійність функціонування.

Система орієнтована на роботу в електророзподільній мережі 0,4 кВ. Система може використовуватися для обліку електроенергії й, або керування споживанням електроенергії в окремих котеджах, багатоквартирних будинках, офісах, на об'єктах соціального призначення, на виробничих підприємствах. Користувач системи - це електророзподільна компанія, що здійснює поставку електроенергії кінцевим споживачам. Компанія здійснює керування мережею споживання й одержує необхідну інформацію з мережі, завдяки Інформаційному центру (далі - Центр) і Підсистемі збору й передачі даних (далі - ПЗПД).

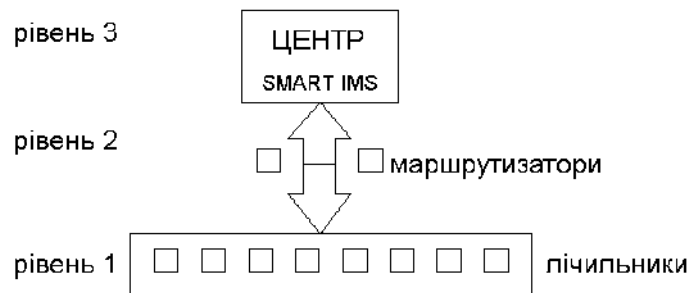


Рисунок 1 – Трьохрівнева структура системи Smart IMS.

Система забезпечує контрольований доступ до своєї бази даних для зовнішніх майстер-систем, сумісних з Smart IMS по протоколу прийому/передачі даних. Smart IMS здатна контролювати поставку електроенергії кінцевим споживачам у межах адміністративного району, міста, сільської місцевості, великих районів. Нарощування АСКОЕ здійснюється за рахунок додавання нових сегментів у ПЗПД. Сегмент містить у собі обладнання мережі й лічильники Smart IMS. Звичайно сегмент ПЗПД організується в межах мережі споживання трансформаторної підстанції. Об'єднання сегментів обслуговується Центром. Загальна кількість точок обліку, дані по яких Центр здатний акумулювати й обробити, досягає одного мільйона. Дані по всіх споживачах Центр зберігає у вигляді, придатному для передачі на більш високий оперативний рівень, таким чином, кілька центрів можуть бути об'єднані в центр керування більш високого рангу.

Система здійснює багатотарифний облік, використовуючи дванадцять тарифних планів. У тарифних планах ураховується 4 річних сезони й три типи днів у тижні - робочі, спеціальні й вихідні. Застосовуються чотири тарифи: три з них є тимчасовими, і діють у межах певних тимчасових тарифних зон, четвертий - штрафний, діючий у випадках порушення умов споживання електроенергії. Границі тарифних зон у межах доби можуть встановлюватися довільно з дискретністю в 1 годину.

Система дозволяє дистанційно набудовувати тарифікаційні параметри в процесі експлуатації.

Smart IMS 5.2 здатна функціонувати у двох режимах:

1. Автоматично управляти поставкою електроенергії кожному кінцевому споживачеві на основі зробленої ним передоплати;
2. Вести автоматичний облік електроенергії, спожитої кожним кінцевим споживачем, з наступним підведенням індивідуальних підсумків за звітний період.

При необхідності система здатна підтримувати обидва режими роботи одночасно. На відміну від інших відомих систем в Smart IMS 5.2 не використовуються пластикові картки для передачі в лічильник даних про зроблену передоплату. Ці дані, поряд з іншою інформацією, регулярно надходять у лічильник по каналах зв'язку системи.

## Список літератури.

1. Черемісін М.М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів. -Х.: Факт,2005.- 192с.
2. інтернет-ресурс [https://energосys.com.ua/solution-and-services/energy-accounting/askue-net/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=12741699331&utm\\_content=517299555989&utm\\_term=аскоз&gclid=EAIaIQobChMI2LeSuY38-gIVzODICCh0SoAp0EAMYASAAAEgI48vD\\_BwE](https://energосys.com.ua/solution-and-services/energy-accounting/askue-net/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=12741699331&utm_content=517299555989&utm_term=аскоз&gclid=EAIaIQobChMI2LeSuY38-gIVzODICCh0SoAp0EAMYASAAAEgI48vD_BwE)
3. інтернет-ресурс <https://smart-maic.com/uk/>

**Петро Плешков**, проф., канд. техн. наук, **Сергій Плешков**, доц., канд. техн. наук,  
**Світлана Дубенко**, асистент, **Микола Ганін**, ст. гр. ЕЕ-21М  
 Центральноукраїнський національний технічний університет, Кіровоградський, Україна  
 e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

## Оптимальні методи діагностики на основі функціонального і тестового контролю пристроїв релейного захисту

З урахуванням постійного підвищення вимог до надійності і якості електропостачання відбувається зростання вимог до пристроїв релейного захисту (ПРЗ), у тому числі до їх надійності.

Пристрої релейного захисту й автоматики, встановлені в системах електропостачання (на електричних станціях, підстанціях) повинні перевірятися як при новому підключенні, так і періодично для своєчасного виявлення несправності елементів і їх заміни, якщо це потрібно.

Наявність декількох незалежних релейних захистів збільшує імовірність безвідмовної роботи під час короткого замикання в зоні, що захищається, і зменшує імовірність безвідмовної роботи при відсутності короткого замикання і при коротких замиканнях поза зоною, що захищається.

Основним призначенням повних періодичних перевірок є виявлення несправностей елементів до того, як виникнуть зовнішні умови, при яких пристрій зробить неправильну дію. Але головним питанням залишається питання, про частоту виконуваних перевірок виходячи з надійності елементів, а також частоти спрацювання захисту й кількості неправильних спрацювань захисту.

Виділяються два основні підходи до строків перевірок ПРЗ.

Перший полягає в тому, що перевірки для виявлення і усунення дефектних елементів повинні бути по можливості тривалими й визначатися гранично припустимими для конкретної установки зниженням імовірності безвідмовної роботи, що знижує економічні витрати, чисельність персоналу, спрацювання устаткування. Так, наприклад, якщо допустити за час між повними перевірками зниження надійності пристроїв захисту до величини, обумовленою ймовірністю безвідмовної роботи  $p_{\text{тпров}}$ , то час між перевірками можна розрахувати, враховуючи  $\lambda_e$  для захисту, що перевіряється:

$$t_{\text{пров}} = - \frac{\ln p_{\text{тпров}}}{\lambda_e},$$

або при  $p_{\text{тпров}} \geq 0,7$ ,

$$t_{\text{пров}} \approx \frac{0,7}{\lambda_e}.$$

Другим варіантом проведення повної перевірки є виявлення елемента, що відмовив. Ця відмова може, за певних умов, викликати неправильне спрацювання елемента й він повинен бути виявлений можливо швидше.

Грунтуючись на багаторічному досвіді експлуатації ПРЗ можна відзначити, що дефекти, що приводять до неправильних спрацювань пристроїв релейного захисту ефективно відслідковуються й виявляються пристроями функціонального контролю (ФК), які виявляють дефекти внаслідок обробки інформації про реакцію ПРЗ на сигнали, що надходять безпосередньо від об'єкта, що захищається.

Тестовий контроль (ТК) проводиться для виявлення саме відмов спрацювання, що дозволяє представити критерій оптимізації в наступному вигляді:

$$K(t_{k1} \dots t_{kn}) = \lambda_{от}(t_{k1} \dots t_{kn}),$$

де  $\lambda_{от}(t_{k1} \dots t_{kn})$  – математичне очікування параметра потоку відмов спрацьовування ПРЗ при моментах початку ТК  $t_{k1} \dots t_{kn}$ .

Підвищити ефективність вибору строків проведення ТК можливо за допомогою використання інформації про функціонування ПРЗ: факт виконання ПРЗ якої-небудь його функції розглядається відповідно до цієї пропозиції як перевірка відсутності в ПРЗ дефектів, що приводять до відмови виконання зазначеної функції. Наприклад, при проведенні ТК в момент  $t_1$  при відмови спрацьовування ПРЗ, виявляється, що ТК необхідно проводити в момент  $t_3 = t_1 + T_k$  тільки в тому випадку, якщо протягом інтервалу  $(t_3 - t_2)$  спрацьовування ПРЗ не відбувалося. При спрацьовуванні ПРЗ у момент  $t_2$  до настання моменту  $t_3$  інтервал ТК починає відлічуватися від моменту  $t_2$ .

Застосування зазначеної стратегії, названої стохастичною, дозволяє в порівнянні з регулярною стратегією або скоротити частоту ТК при заданих вимогах до надійності ПРЗ, або підвищити надійність функціонування ПРЗ при заданій частоті ТК.

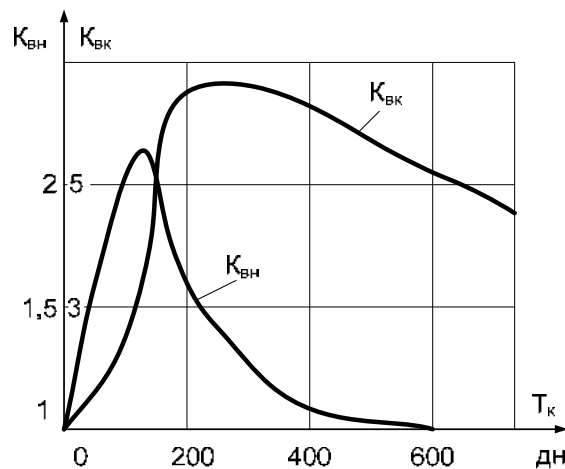


Рисунок 1 – Залежності, що характеризують ефективність стохастичної стратегії проведення ТК.

Ефект від використання стохастичної моделі ілюструється формулою:

$$m = \frac{h_{но} - h_a}{h_a},$$

де  $h_{но}$  – потік відказів вимірювальних органів,  
 $h_a$  – потік відказів ПРЗ.

Подальшим етапом після обґрунтування, проектування строків, методів і обсягів контролю ПРЗ, є налагодження й випробування захисту на місцевості, тобто застосування закладених при проектуванні особливостей.

Періодична перевірка пристроїв релейного захисту проводиться не тільки на об'єктах великих одиниць, що входять до складу електропостачання, але й на щитах, панелях, на яких перебувають ПРЗ. Дана перевірка є не менш важливою складовою всього комплексу діагностичних перевірок, яких зазнають ПРЗ усіх рівнів.

## Список літератури

1. Плешков П.Г., Мануйлов В.Ф., Коновалов І.В. Релейний захист та автоматика систем електропостачання: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2008. – 202 с.
2. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007.

Петро Плешков, проф., канд. техн. наук, Світлана Дубенко, асистент, Андрій Бровченко, ст. гр. ЕНМ-21М

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

## Підвищення енергетичної ефективності для комунальної сфери на основі використання тиристорних перетворювачів електроприводів

Для комунальних підприємств в Україні енергозбереження – це надійний, хоча й не простий шлях економії. Повторне вкладання зароблених комунальними підприємствами коштів в нові проекти з енергозбереження дає можливість безперервно підвищувати якість наданих послуг. Найголовніше - все це доступне для впровадження на комунальних підприємствах тепло-, водопостачання і водовідведення в Україні.

В економіці України комунальна сфера є однією з енергоємних, вона споживає понад 40% природного газу, а потенціал для економії у цій галузі майже 50%, тобто існування інвестиційного потенціалу в галузі не викликає заперечень.

Однією з складових підвищення економічної ефективності системи електропостачання в комунальній сфері є застосування тиристорних перетворювачів частоти (ТПЧ) електроприводів ліфтів, насосів тощо та іншого устаткування.

Частотне регулювання електропривода можливо рекомендувати для всіх механізмів, що працюють із приводом від двигунів змінного струму. Сфери застосування тиристорних перетворювачів наведено нижче.

### 1. Комунальне і промислове водопостачання:

- надійне водопостачання холодної та гарячої води з можливістю керування від одного перетворювача до шести електронасосів;
- істотна економія газу в мережах теплопостачання житлових і виробничих будинків залежно від кліматичних умов.

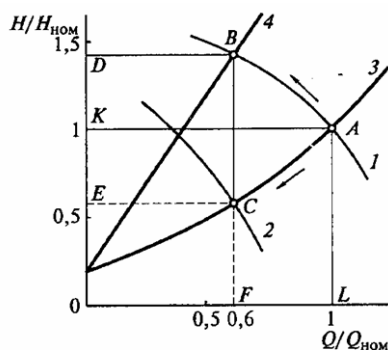


Рисунок 1 – Характеристики продуктивності відцентрового насоса шляхом дросельного та частотного регулювання.

Можливості енергозберігаючого управління при регулюванні швидкості електроприводу в порівнянні з дросельним регулюванням проілюстровані на рис.1. За рахунок зниження швидкості насос працює при зменшенні витрати в точці C на кривій 2 при постійній характеристиці магістралі (крива 3). Потужність, яка споживається електроприводом при цьому, пропорційна площі прямокутника  $OECF$ , що явно демонструє можливість значного зниження енергоспоживання при застосуванні регульованих

електроприводів насосів. При цьому зменшується і натиск в системі, що призводить до зниження втрат (витоків) води.

2. Ліфтове й кранове господарство - істотна економія електроенергії, покращення якості (плавність розгону-гальмування) та точності функціонування механізмів.



Рисунок 2 – Діаграми, що характеризують споживання енергії електроприводом ліфта.

### 3. Комунальна теплоенергетика.

На даний момент майже на всіх місцях міської інфраструктури (підприємства гарячого і холодного водопостачання, опалення, водоочищення і водовідведення міст, сільських районів у селищ (теплові мережа, водопровідно-каналізаційні господарства, водоканали і т.п)) використовуються асинхронні електричні двигуни, в яких застосовується частотно-регульований привід (ЧРП). Вони мають велику перевагу перед електричними двигунами постійного струму за рахунок зручності обслуговування і простоти конструкції.

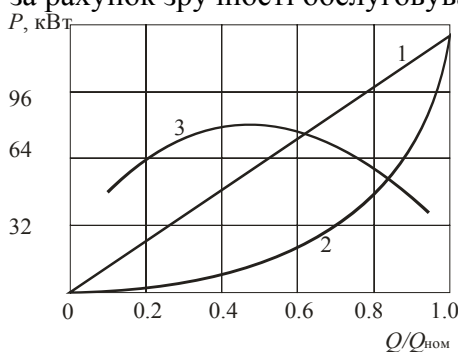


Рисунок 3 – Економія електроенергії від використання дроселювання і ТПЧ:  
1 – дроселювання, 2 – ТПЧ, 3 – економія електроенергії.

Використовуючи приведений вище графік, визначається економія електроенергії для кожного інтервалу часу, а потім добова і річна економія.

Які вигоди варто очікувати від застосування ЧРП: економія електричної енергії (30 - 60%); зниження пускових струмів двигуна; економія природних ресурсів, наприклад, води (до 25%); уникнення гідравлічних ударів у системі і як наслідок: мінімізація витрат на обслуговування; продовження термінів роботи устаткування; зниження ймовірності аварійних ситуацій; економія тепла ( $\approx 6\%$ ); економія палива (до 20%); спроможність точного налаштування режиму роботи технологічної системи; підвищення виробничої безпеки; екологічність.

### Список літератури

1. Кращі практики з енергозбереження. *Комунальне господарство: підприємства тепло, водопостачання та водовідведення*. Реформування тарифів та реструктуризація комунальних підприємств в Україні, ПАДКО 2002.
2. Браславский И.Я., Костылев А.В., Степанюк Д. П. Оптимизация энергопотребления при реализации пусковых режимов в системах ТПН— АД // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Вестник НТУ «Харьковский политехнический институт». — Харьков, 2003. - Вып. 10.

Андрій Котиш, доц., канд. техн. наук, Олександр Запарій, ст. гр. ЕЕ-21М, Микола Скворцов, ст. гр. ЕЕ-21М

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: akotysh@gmail.com

## Аналіз методів визначення місця короткого замикання в електричних мережах номінальною напругою 110-150 кВ

Джерела і споживачі електричної енергії пов'язані між собою електричними мережами. Незважаючи на вдосконалення конструкції повітряних ліній електропередачі та електричних апаратів, аварійні пошкодження в системах електропостачання неминучі. Пошкодження ліній електропередачі призводять до недовідпуску електроенергії споживачам і порушення режимів роботи енергооб'єднань. Тому однією з найважливіших задач являється швидке і точне визначення місця пошкодження (ВМП) ЛЕП, розв'язання якої дає значний економічний ефект, обумовлений скороченням перерв у електропостачанні, зменшенням транспортних витрат на обхід ЛЕП, мінімізацією загального часу організації ремонтно-відновлюваних робіт.

Згідно досліджень [1, 2] для ліній електропередач напругою 110-150 кВ основними причинами пошкодженнями є перекриття ізоляції, обрив проводів та грозозахисних тросів, перекриття на розташовані по трасі дерева.

На рис. 1 представлена схема класифікації методів ВМП в основу якої положено розділення на:

1. Дистанційні й топографічні.
2. Високочастотні й низькочастотні.

Але кожен із зазначених методів також може мати досить розгалужену сітку, елементи якої більш детально описують його принципи роботи.

Окремі методи ВМП являють собою сукупність складних операцій. Загальними вимогами до ВМП усіх типів і класів ліній електропередач є швидкість і точність.

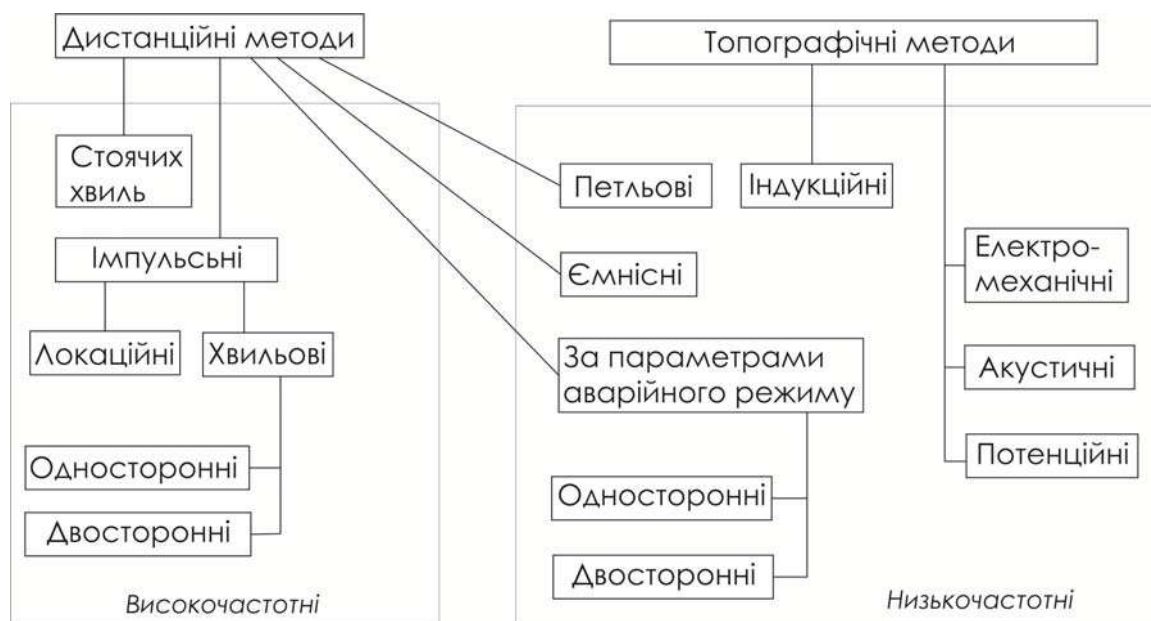


Рисунок 1 – Класифікація методів ВМП.

В теперішній час розроблено різні типи фіксуєчих пристроїв, ряд з котрих успішно експлуатується. Так наприклад широко запровадження знайшли пристрої типу ФІП (ФІП-1, ФІП-2, ФІП-Ф), ЛІФП та інші.

Існуючий підхід до вирішення завдань ВМП орієнтований на забезпечення надійного ВМП окремо взятої ЛЕП. Набагато ефективнішим представляється системний підхід, спрямований на забезпечення надійного ВМП на комплексі ЛЕП енергосистеми. Іншим важливим завданням є оптимізація системи аварійних вимірювань, що використовуються для визначення місця пошкодження ЛЕП. Завдання актуальне зважаючи на високу вартість сучасних фіксуєчих приладів, а також потенційної можливості підвищення якісних показників ВМП за рахунок оптимального вибору місць установки фіксуєчих приладів.

Тобто для виявлення та пошуку місця короткого замикання (КЗ) потрібен цілий комплекс пристроїв, в котрі повинні входити: релейний захист для фіксації пошкоджень і відключення пошкодженої зони; пристрої дистанційного вимірювання (ПДВ) для локалізації зони пошуку в межах виділеної ділянки та інші. Та навіть вони, в лініях з великою кількістю довгих відгалужень (рис. 2), не в змозі вказати на конкретне відгалуження з місцем КЗ. Щоб визначити дійсне місце КЗ, слід додатково встановлювати на відгалуженнях фіксатори короткого замикання (ФКЗ). Це призведе до значної ефективності пошуку місця КЗ.

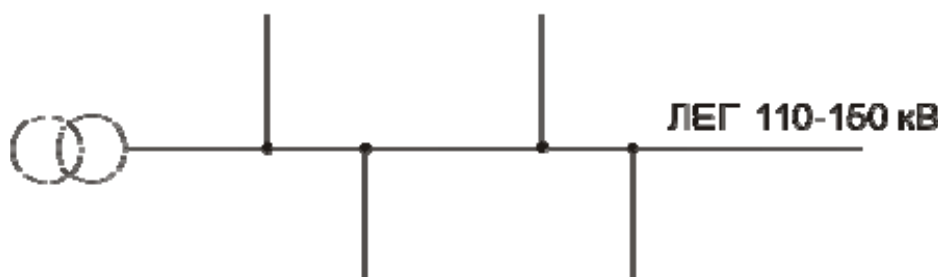


Рисунок 2 – Схема лінії електропередач з відгалуженнями.

Ефект від використання ФКЗ тим вищий, чим більша аварійність за місцем відгалуження, довжина відгалуження і потужність усієї лінії, а також чим більше важкодоступність ліній.

Тому для вирішення цієї задачі, зроблена спроба йти по шляху використання простого електромеханічного ФКЗ, в якому електричним елементом практично є тільки самий провід повітряної лінії. Встановлення такого фіксатора може проводитись без зняття напруги безпосередньо на самому проводі [3, 4].

## Список літератури

1. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
2. Айзенфельд А.И., Шалыт Г.М. Определение мест короткого замыкания на линиях с ответвлениями. – М.: Энергия, 1977. – 208 с.
3. Плешков П.Г. Розробка фіксатора коротких замикань для повітряних ліній електропередач напругою 110-150 кВ / П.Г. Плешков, А.І. Котиш, О.І. Сіріков // Вісник НТУ «ХПІ» – 2015. – № 42. – С. 8–11.
4. Котиш А.І. Розробка та експериментальне дослідження фіксатора коротких замикань для повітряних електричних мереж напругою 110-150 кВ / А.І. Котиш, П.Г. Плешков, А.Ю. Орлович, О.І. Сіріков, А.В. Некрасов // Збірник наукових праць Кіровоградського Національного технічного університету / Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація – Випуск 29 – 2016. – С. 228–235.

**Андрій Котиш**, доц., канд. техн. наук, **Андрій Смолянцев**, ст. гр. ЕНМ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

**Сергій Книш**, викладач, **Олена Стеценко**, викладач

*Світловодський політехнічний фаховий коледж Центральноукраїнського національного технічного університету, Світловодськ, Україна*

*e-mail: akotysh@gmail.com*

## Вплив сучасних ГЕС на стан енергоринку України

В ринкових умовах залишається актуальним питання довготривалого планування оптимальних режимів енергосистем. Особливо це актуально для енергосистем з великою долею ГЕС з водосховищами річкового і багатолітнього регулювання. В таких енергосистемах дії, що приймаються на нинішній момент часу, впливають на умови роботи в майбутньому. Крім того, для ефективного управління роботою енергосистем з ГЕС необхідно враховувати випадковий характер приточності води в водосховища. Для забезпечення надійного і безперебійного енергопостачання в таких енергосистемах необхідно планування і ведення довгострокових оптимальних режимів з можливістю їх оперативного корегування.

З прийняттям закону про "зелені" тарифи мала гідроенергетика отримала друге дихання. Однак справжнього прориву перспективною для України галузі заважають недосконале законодавство і брак підтримки з боку держави.

Функціонування електроенергетичної системи представляє собою складний зв'язок, одночасно протікаючи, але різним по фізичним властивостям, інтенсивності, характеру і управляємості процесів. До таких процесів відносяться: накопичення енергоресурсів (паливо на складах, води в водосховищах ГЕС), перетворення їх в електричну енергію, регулювання напруги і частоти, передача, розподіл і кінцеве споживання електроенергії. Данні процеси протікають в умовах зовнішнього середовища, що змінюється (річний стік, температура і т.п.) і перемінного складу працюючого генеруючого, переворюючого, передаючого і споживаючого обладнання.

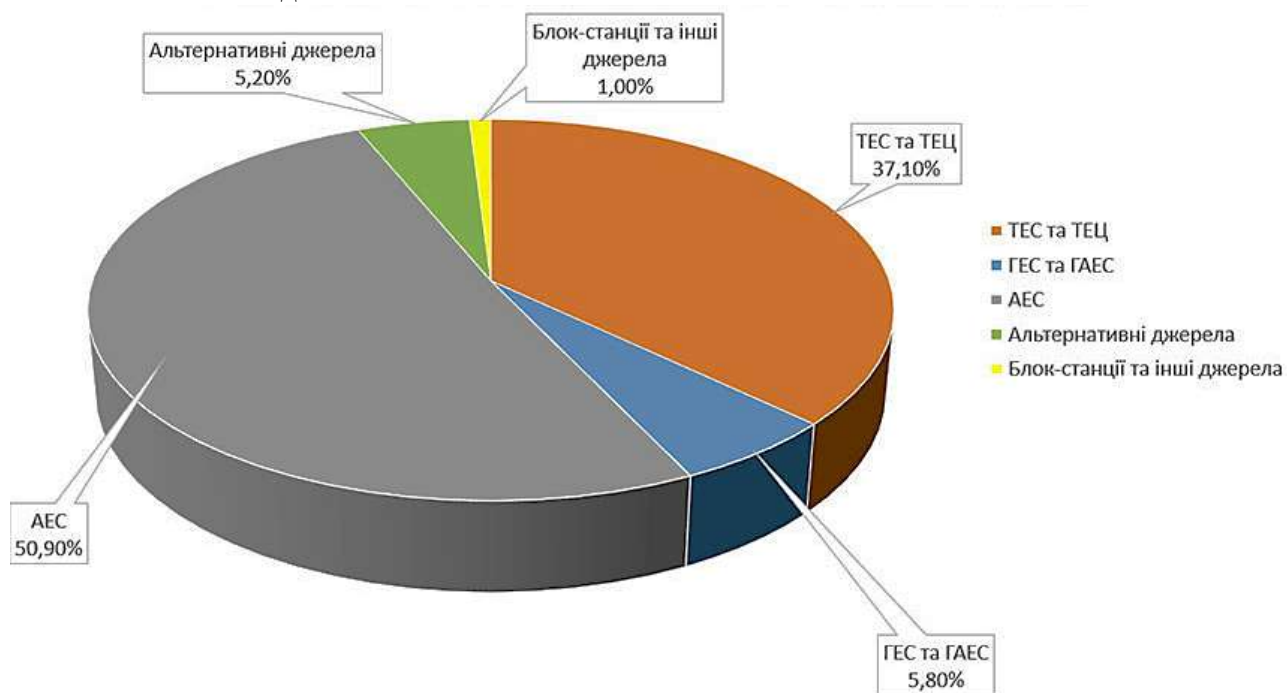


Рисунок 1 – Структура виробництва електроенергії в Україні у 2021 році.

Використання водосховищ дозволяє ГЕС не тільки запасати воду для подальшого її перетворення в електричну енергію, але і регулювати сам виробіток електроенергії впродовж певного періоду часу. Використання різних об'ємів води для виробництва електроенергії в той чи інший момент часу впливає як на розподіл об'ємів виробітку електроенергії впродовж періоду регулювання, так і на сумарний виробіток станції. Даний ефект отримав назву «ефекту післядії». Тривалість періоду післядії залежить від виду регулювання, здійснюючого водосховищем, і може складати від доби до декількох років.

З економічної точки зору ефект післядії можна трактувати наступним чином: збільшення виробітку ГЕС, наприклад, з метою економії на теплових електростанціях енергосистеми чи отримання додаткового прибутку в наступному інтервалі, призводить до додаткових затрат на забезпечення нормального функціонування ЕЕС в залишених інтервалах періоду регулювання. Ці затрати, як мінімум, зв'язані з необхідністю додаткового виробництва електроенергії на теплових електростанціях, обумовлених зменшенням виробітку ГЕС із-за скорочення об'єму розміщених гідроресурсів і зниження напору.

В той же час є ще так звана мала гідроенергетика України. Реально на сьогоднішній день виробіток електроенергії «малими ГЕС» складає приблизно 288 млн. кВт-год на рік [1], тобто 2,5% від електроенергії виробленої на основних «великих» ГЕС.

Енергогенеруючі можливості малих річок України використовуються сьогодні менш ніж на 5 %. Реальний потенціал малої гідроенергетики в країні величезний. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України, економічно доцільний першочерговим річний потенціал в цій галузі складає близько 3,75 млрд. кВт-год. на рік, що еквівалентно заміщенню 1,4 млн. тон умовного палива. Малі ГЕС володіють меншою собівартістю вироблення електроенергії, ніж «традиційні» атомні та теплові станції, і вважаються більш ефективними в порівнянні з вітро і сонячними електростанціями за співвідношенням вкладених коштів до кількості отриманої електроенергії [2].

Будівництво та реконструкція малих ГЕС дозволить не тільки отримати екологічно чисту електроенергію, а й забезпечити електрикою енергодефіцитні райони, де відсутні потужні джерела струму. Розвиток малої гідроенергетики сприяє децентралізації загальної енергетичної системи, що дозволяє стабільно забезпечувати важкодоступні села електрикою. Енергія, вироблена малими ГЕС, використовується найближчими споживачами, відповідно, знижуються витрати на її транспортування, і підвищується надійність енергозабезпечення. Крім того, ГЕС можуть виконувати й інші завдання, наприклад, захищати прилеглі території від сезонних паводків.

## Список літератури

1. Інтернет ресурс <http://www.experts.in.ua/> Мала гідроенергетика: реки энергии для Украины.
2. Інтернет ресурс <http://www.zamnoy.com/> Гидроэнергетика Украины: взгляд в будущее.

**Сергій Барбанов**, ст. гр. ЕЕ-21М, **Сергій Серебренніков**, проф., канд. техн. наук, **Іван Савеленко**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: sv.serebrennikov@gmail.com

## Дослідження втрат в електроустаткуванні й мережах високовольтової трансформаторної підстанції та шляхів підвищення ефективності енерговикористання

Забезпечення достовірного контролю втрат ускладнюється тим, що неперервний облік електроенергії (ЕЕ) провадять тільки на головній понижувальній підстанції (ГПП), а споживачі звітують за спожиту електроенергію помісячно. Тому визначити дійсно втрачену ЕЕ та розподілити втрати між споживачами доволі важко. Сумарні покази лічильників на підстанції і сума показів лічильників споживачів не можуть бути задіяні для поточної оцінки втраченої ЕЕ. Для більш точного визначення технологічних втрат та виявлення причин їх виникнення потрібно доповнювати технічний облік розрахунками.

В результаті розрахунку технологічних втрат реальної ГПП-110/6/0,4 кВ визначено, що фактичні втрати ЕЕ при її транспортуванні та розподіленні сягають 7,5...12,2 %.

Розрахунок технологічних втрат енергії після уточнення потужності неробочого ходу трансформаторів 6/0,4 кВ і фактичної напруги в мережі ГПП показав, що скорегований рівень втрат становить 40100...45540 кВт·год.

Втрати ЕЕ при її транспортуванні та розподіленні зумовлені:

- недостатнім рівнем компенсації реактивної потужності у споживачів, що спричинює втрати енергії від її перетоків;
- неефективним використанням силових трансформаторів, коефіцієнт завантаження яких становить 0,1...0,57 замість рекомендованого 0,7;
- втратами через зниження показників якості ЕЕ, зокрема – відхиленням та несиметрією напруги.

Для зменшення технологічних втрат ЕЕ в розподільних електричних мережах підстанції можливими є:

- зменшення перетікання реактивної енергії між підстанцією та її споживачами, за рахунок встановлення у споживачів компенсуючих пристроїв;
- зменшення втрат неробочого ходу при заміні малоавантажених трансформаторів;
- скорочення втрат потужності шляхом оптимізації режимів електричної мережі, зокрема, – симетруванням навантажень по фазах;
- переобладнання системи комерційного і технічного обліку ЕЕ з можливістю контролю активної та реактивної енергій на стороні 0,4 кВ підстанцій 6/0,4 кВ, що дозволить виставляти рахунок споживачам за недооснащення пристроями компенсації реактивної енергії;
- запровадження автоматизованої системи контролю та обліку ЕЕ з дистанційною передачею даних, що дозволить одержувати об'єктивну інформацію в реальному режимі часу та оптимізувати баланс ЕЕ;
- впровадження системи енергоменеджменту, що дозволить оперативно реагувати на нештатні ситуації, проводити аналіз режимів роботи мереж тощо.

Досвід регулювання графіків навантажень і режимів роботи споживачів показує, що впровадження режимних заходів може привести до зміни питомих витрат електроенергії

Структурну схему організаційних заходів із енергоефективності показано на рис. 1.

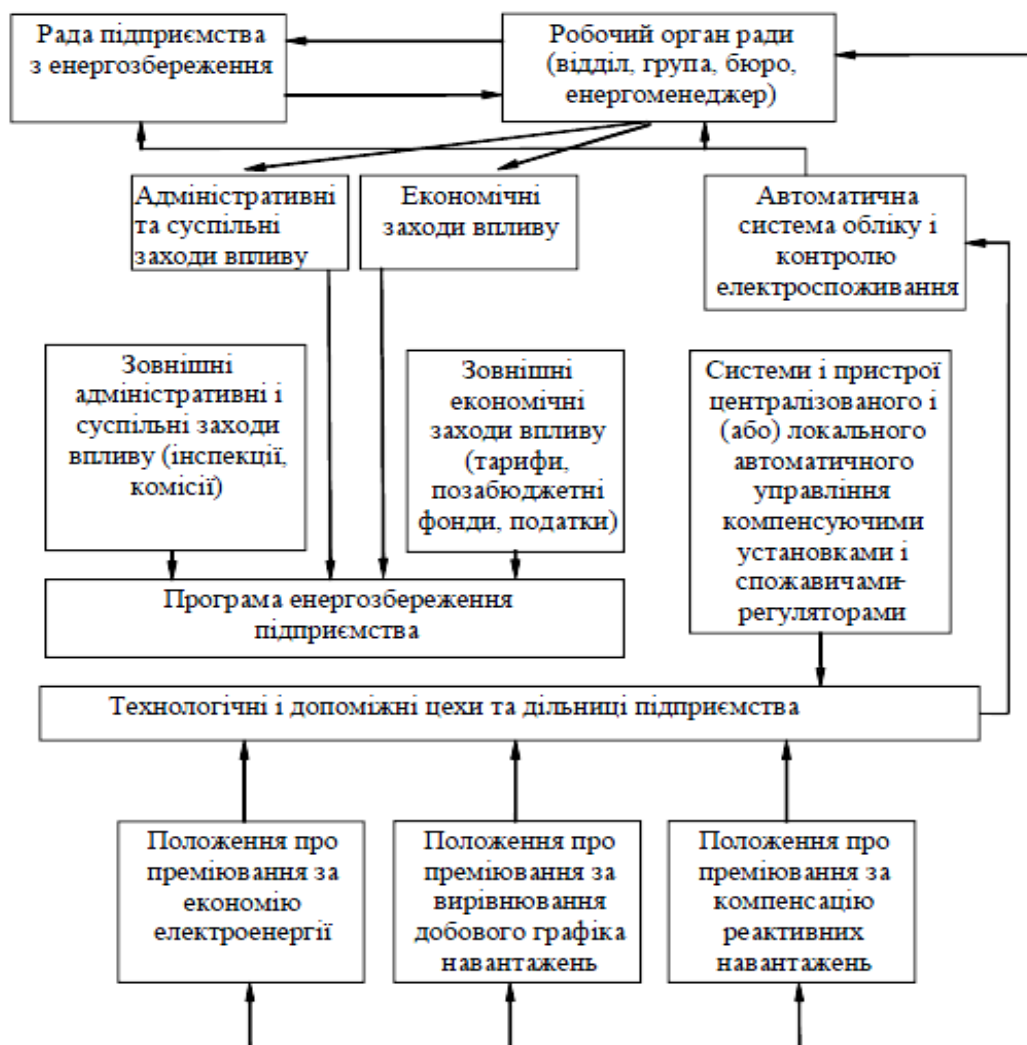


Рисунок 1 – Структурна схема організаційних заходів із енергоефективності.

Якщо втрати  $\Delta P_j$  пропорційні квадрату навантаження, то й розподілятися між споживачами вони мають пропорційно квадрату їх навантажень  $P_j$ :

$$\Delta P_j = \frac{(P_j)^2}{U_i^2} \cdot R \cdot n_e, \quad (1)$$

де  $n_e$  – ефективне число споживачів, що живляться від спільної лінії з опором  $R$ .

Для визначення втрат ЕЕ в розподільних мережах, зумовлених нерівномірністю режиму електроспоживання, за методом середніх навантажень, слугує формула [1]:

$$\Delta W = \frac{(W^{(P)})^2 k_{\phi.a}^2 + (W^{(Q)})^2 k_{\phi.p}^2}{T \cdot U^2} R, \quad (2)$$

де  $W^{(P)}$ ,  $W^{(Q)}$  – споживання активної та реактивної енергії за розрахунковий період  $T$ ;

$K_{\phi.a}$ ,  $K_{\phi.p}$  – коефіцієнти форми графіків активних та реактивних навантажень;

$U$  – еквівалентне значення напруги, що враховує зміну напруги як в часі, так і в кожній точці електричної мережі;

$R$  – еквівалентний опір мережі.

## Список літератури

1. Лежнюк П.Д., Кулик В.В., Кравцов К.І. Визначення та аналіз втрат електроенергії в розподільних мережах. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 89 с.

**Вадим Котляр**, ст. гр. ЕЕ-21М, **Владислав Михайловський**, асп., **Володимир Бондаренко**, асп., **Сергій Серебренніков**, проф., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
*e-mail: sv.serebrennikov@gmail.com*

## Дослідження системи вихорострумовеого контролю силових трансформаторів високовольтної підстанції

Причиною відмови силових трансформаторів (СТ) є: погана експлуатація, стрибкоподібна зміна навантаження, напруги, знос окремих частин, несинусоїдальність напруги під впливом перевантажень, або характеристик живлення.

Напрацювання на відмову СТ істотно зменшується після неякісного ремонту – це є причиною виходу СТ із ладу у 10-15 %. Водночас, скорочення терміну служби ремонтного СТ пов'язане із перемінами в ході ремонту.

При термічній обробці шихтованої сталі міжлистова ізоляція частково руйнується, частина листів стає короткозамкнутими, створюючи короткозамкнуті контури між листами і збільшуючи втрати на вихрові струми. При нагріві змінюються електровластивості самої сталі. Зміни в сталі призводять до зростання втрат, додаткового нагріву пакету сталі, виникнення локальних перегрівів сталі внаслідок значного зростання втрат тощо. Сукупність цих чинників спричинює пробій ізоляції в області погіршення робочих параметрів СТ.

Повні втрати у сталі від вихрових струмів можна записати так:

$$P'_e = \frac{4 \cdot K_\phi^2 \cdot \Delta_1^2}{3 \cdot \rho_1} \cdot f^2 \cdot B^2 \cdot f_F \cdot S_1 \cdot l, \quad (1)$$

де  $\Delta$  – товщина листа ( $\Delta = 0,5$  мм);  $K_\phi$  – коефіцієнт форми індукованої ЕРС,  $K_\phi = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}}$ ;  $\rho_1$  –

питомий опір;  $f$  – частота перемагнічування;  $B$  – амплітуда індукції;  $f_F = \frac{3}{\xi} \cdot \frac{sh\xi - \sin\xi}{ch\xi - \cos\xi}$ ,

$\xi = \alpha \cdot \Delta_1$ ,  $\alpha = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\mu}{10^5} \cdot \frac{\tau}{\rho}}$ , де  $\mu$  – магнітна проникність;  $S_1$  – площа осердя;  $l$  – довжина осердя.

З аналізу  $P'_e$  (1), очевидно, що втрати на вихрові струми при малих  $\xi$  пропорційні другому ступеню товщини листа і частоти, із зростанням короткозамкнутих контурів вихрових струмів у пакеті, втрати від вихрових струмів на поодинокі ділянки пакету зростають швидше, ніж при закорочуванні листів.

Потужність, що витрачається на гістерезис:

$$P = \eta \cdot f \cdot B_{max}^n \cdot V, \quad (2)$$

де  $V$  – об'єм пакету сталі;  $n = 1,6 \div 2$  – постійна.

Класифікації методів та засобів діагностування СТ здійснена на основі впорядкування підходів до технічного контролю і показана на рис. 1.

В результаті аналізу інформативності різних методів контролю пакетів сталі СТ визначено набір інформативних параметрів – модуляційні характеристики еквівалентних електропровідностей вздовж  $\sigma^i$  та уперек  $\sigma^j$  шарів.

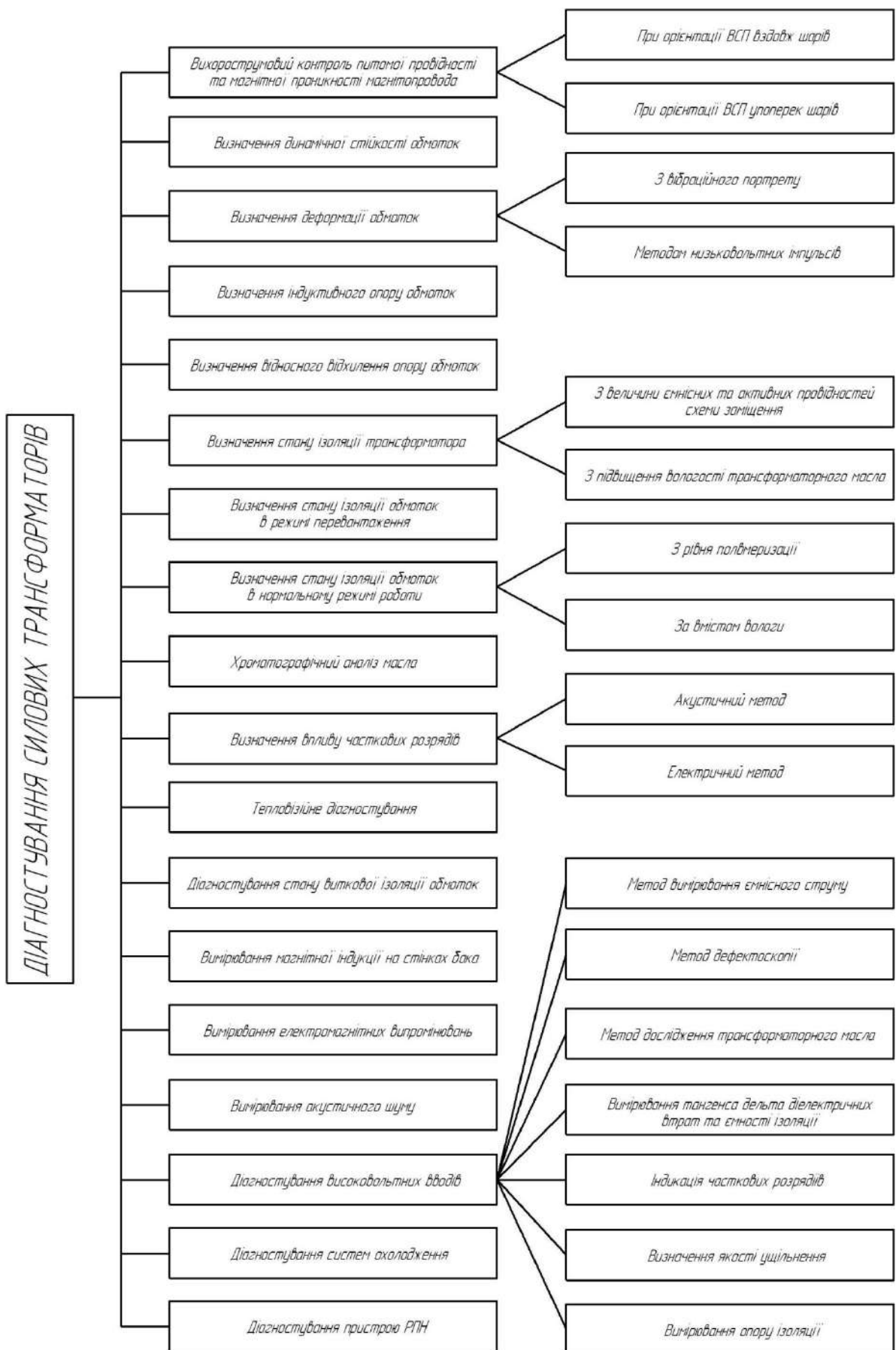


Рисунок 1 – Класифікація методів та засобів діагностування.

**Богдан Серебренніков**, провідний наук. співробітник, канд. екон. наук

*Інститут економіки та прогнозування Національної академії наук України, Київ, Україна*

**Олександр Іванов**, ст. гр. ЕЕ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

*e-mail: BS.Serebrennikov@gmail.com*

## Маркетинговий метод управління попитом на електричну енергію

Електрична енергія (ЕЕ) є специфічним товаром, а її транспортування по ЛЕП та підключення споживачів до мережі є послугами. Тому до ЕЕ коректно застосовувати термін “роздрібна ціна”, а до операцій по її транспортуванню – “тариф”.

Нерівномірність попиту на ЕЕ виявляється протягом доби, між робочими і вихідними днями тижня, сезонами року. Зокрема, ажіотажного рівня він досягає в ранішні та вечірні години (пікове навантаження). Енергосистеми більшості країн характеризуються обмеженістю генеруючих потужностей, їхньої маневреності, тому багато з них не здатні в короткостроковому періоді адекватно реагувати на великі коливання попиту в часі. Дана особливість споживання ЕЕ створює серйозні проблеми для енергосистем і тому, у значній мірі устанавлює задачі маркетингу на роздрібному ринку, основними з яких є вирівнювання і стабілізація попиту в часі.

Попит на ЕЕ більшості споживачів є нееластичним [1], принаймні, у короткостроковому періоді. Причому, це характерно як для показників еластичності за ціною й доходом, так і для перехресної еластичності щодо цін енергоресурсів-замінників.

Існує велика різниця в собівартості ЕЕ, виробленої на різних типах електростанцій, що приблизно на 80% визначається вартістю первинного енергоносія й основних генеруючих фондів. Ціна ЕЕ, виробленої на гідроелектростанціях у 5 – 7 разів нижча, ніж на теплових. Така ситуація змушує енергосистеми різних країн шукати оптимальні моделі ринків, форми продажу ЕЕ, методи ціноутворення, які забезпечать конкуренцію між виробниками, їхню фінансову стабільність і розвиток.

Обмеженість традиційних енергоресурсів вимагає від споживачів постійного підвищення ефективності енерговикористання. У більшості економічно розвинених країн світу (Великобританії, Німеччини, Франції, США, Японії тощо) ці задачі є пріоритетними і мають стратегічний характер. Одним з інструментів їхнього рішення може бути цілеспрямована маркетингова цінова політика.

Збалансованість виробництва і споживання ЕЕ, її якісні характеристики є результатом спільних зусиль усіх ланок енергоринку – від генеруючих, збутових компаній, служби диспетчерського керування тощо до самих споживачів.

Якісні параметри ЕЕ є єдиними і стандартизованими, тому при їх досягненні, відсутня можливість подальшого поліпшення якості і конкурентна боротьба між нергопостачальними компаніями на роздрібному ринку може здійснюватися переважно за рахунок маркетингової цінової політики.

З позицій маркетингового підходу ми пропонуємо формувати ціни, базуючись на результатах дослідження конкретних споживачів та енергоринку загалом, згідно алгоритму:

1. Спільний аналіз добових графіків навантаження об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України та окремого споживача на предмет їх подібності в часі, визначення напрямів регулювання попиту з метою вирівнювання графіку ОЕС та максимізації економічного ефекту.

2. Дефініція основних споживачів, режими енергоспоживання яких формують

наявний графік попиту на електричну потужність.

3. Вивчення економічної зацікавленості споживача в регулюванні попиту.

4. Формування для кожного споживача індивідуальної системи цін, диференційованих в часі.

Оскільки ціна відіграє роль регулятора попиту на ЕЕ в часі  $t$ , то представимо її функцією  $C(\Delta P_i, t)$ , де  $\Delta P_i$  являє собою відхилення фактичної осередненої в  $i$ -й зоні потужності споживача від середньодобової потужності  $P_{CEP}$ . Це відхилення  $\Delta P_i$  обчислюють у відносних одиницях:

$$\Delta P_i = \frac{P_i - P_{CEP}}{P_{CEP}}. \quad (1)$$

Середньодобову потужність  $P_{CEP}$  конкретного споживача визначаємо з його характерного середньодобового графіка енергоспоживання:

$$P_{CEP} = \frac{1}{T} \int_0^T P dt, \quad (2)$$

де для доби період осереднення  $T = 24$  години.

Значенню  $P_{CEP}$  ставимо у відповідність середню ціну  $C_{CEP}$ , за якою продавалася електроенергія до переходу на диференційовані ціни. Оскільки піки в графіку  $P(t)$  ОЕС утворюються, як наслідок сумування графіків окремих споживачів, екстремуми попиту яких збігаються в часі, то в подальшому будемо розглядати саме тих споживачів, графік енергоспоживання яких співпадає в часі з графіком навантаження ОЕС України. В цьому разі вплив часу можна не розглядати і функція ціни набуде вигляду  $C(\Delta P_i)$ .

При 48 зонах комерційного обліку енергоспоживання найбільш доступною для реалізації системи диференційованих цін є лінійна функція [2]:

$$C(\Delta P_i) = A \cdot \Delta P_i + C_{CEP}, \quad (3)$$

де  $A$  – ціновий коефіцієнт, грн.

Пряма (3) проходить через точки з координатами  $(0; C_{CEP})$ ,  $(-\Delta P_{MAX}; C_{MIN})$  та  $(+\Delta P_{MAX}; C_{MAX})$ .

Коли фактичний попит на потужність дорівнює середньодобовому ( $P_\phi(t) = P_{CEP}$ ), то  $\Delta P = 0$  і оплата за електроенергію здійснюється за  $C_{CEP}$ . При  $P_\phi(t) > P_{CEP}$  ціна зростає згідно (3), і навпаки.

Швидкість зміни ціни для кожного споживача підбирають індивідуально за допомогою цінового коефіцієнту  $A$ .

Висновки.

1. Задача вирівнювання і стабілізації попиту в часі на електричну потужність ОЕС України сьогодні нарішує актуальність.

2. Розроблено маркетинговий метод розрахунку диференційованих в часі цін на засадах індивідуального підходу до енергоспоживачів.

Економічно обґрунтовано крайні значення цінового діапазону, запропоновано використовувати цінову функцію від попиту.

## Список літератури

1. Серебренников Б.С., Петрова Е.Г. Маркетинговая сегментация розничного рынка электроэнергии. *Энергосбережение·Энергетика·Энергоаудит*, 2013. № 10 (116). С. 38 – 45.
2. Серебренников Б.С., Петрова Е.Г., Серебренников С.В., Савеленко И.В. Экономическое стимулирование операторов системы распределения электрической энергии к технической модернизации сетевой инфраструктуры. *Problemele Energeticii Regionale*. № 3(47) 2020. С. 101 – 115.

**Богдан Гуділін**, ст. гр. ЕНМ-21М, **Олександр Сіріков**, доц., канд. техн. наук  
 Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
 e-mail: asirikov@i.ua

## Шляхи енергозбереження в насосних і вентиляційних установках

Насосні і вентиляційні установки залишаються одними з енергоємних споживачів електричної енергії, як на промислових, так і на комунально-побутових підприємствах. В більшості випадків технічний стан таких установок залишається вкрай незадовільний, що обумовлює значну перевитрату ними електричної енергії. Застосування різних способів та шляхів енергозбереження в насосних та вентиляційних установках може дати суттєву економію електричної енергії. Отже, розглянемо можливі шляхи енергозбереження в даних установках.

*Насосні установки.* Скорочення витрат електричної енергії в насосних установках досягається завдяки наступним заходам [1, 2]:

- заміна застарілих та малопродуктивних насосів на насоси з більшим ККД;
- збереження паспортних значень ККД насосів;
- регулювання режимів роботи насосів;
- зменшення гідравлічного опору в трубопроводах;
- усунення витоків та безцільної витрати води;
- запровадження оборотного водопостачання;
- зменшення витрат води вдосконаленням систем охолодження.

Питома витрата електричної енергії для будь-якого режиму роботи насосу, може бути визначена  $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ ,

$$\Delta E = \frac{H \cdot 1000}{3600 \cdot 102 \eta_n \eta_p} = 0,00272 \frac{H}{\eta_n \eta_p}, \quad (1)$$

де  $H$  – дійсний напір, що розвивається насосом в даному режимі, м вод. ст.;  $\eta_n$ ,  $\eta_p$  – відповідно ККД електродвигуна та насосу в даному режимі.

Заміна насосів з низьким ККД дає економію електроенергії,  $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$ ,

$$\Delta E = 0,00272 \frac{H}{\eta_d} \cdot \frac{1}{\eta_n'' - \eta_n'} Q T \quad (2)$$

де  $H$  – напір, м;  $Q$  – подача насосу,  $\text{м}^3 / \text{год}$ ;  $T$  – кількість годин роботи на рік, год;  $\eta_d$  – ККД електричного двигуна насосу;  $\eta_n''$ ,  $\eta_n'$  – відповідно ККД нового насосу та того, що замінюємо.

З метою підтримання ККД насосів на рівні паспортних значень необхідно виконувати якісний ремонт, гарне балансування робочих коліс, своєчасно замінювати ущільнення, що забезпечує мінімальні питомі витрати електричної енергії на подачу води.

Найбільш економним способом регулювання подачі насосів є зміна їх кількості, наступне – регулювання їх частоти обертання. Найбільш не економним є регулювання з допомогою засувки. В системах де витрата води є постійною найбільш раціональним є зміна кількості працюючих насосів.

Для усунення витоків та безцільної витрати води необхідно проводити постійну ревізію систем водопостачання та водовикористання.

Значна кількість води на промислових підприємствах може використовуватися для охолодження технологічних установок. Запровадження оборотного водопостачання зменшує витрату води приблизно в два рази, що забезпечує економію електричної енергії на 15-20%.

Зменшення витрат води вдосконаленням систем охолодження передбачає наступні заходи: застосування систем випарного охолодження для різного роду печей; циркуляційні системи охолодження для зварювальних апаратів та високочастотних установок; дотримання встановлених оптимальних температур води, що охолоджує для різних технологічних операцій.

*Вентиляційні установки.* Скорочення витрат електричної енергії в вентиляційних установках досягається завдяки наступним заходам [2, 3]:

- заміною застарілих вентиляторів новими, більш економічними;
- запровадження економічних способів регулювання їх продуктивності;
- блокування вентиляторів теплових завіс при закриванні воріт;
- відключення вентиляційних установок під час перерв, перезмін і т.п.;
- усунення експлуатаційних дефектів та відхилень від проекту;
- запровадження автоматичного керування вентиляційними установками.

Заміна старих вентиляторів з низьким ККД дає економію електроенергії, кВт·год/рік

$$\Delta E = \frac{hQ(\eta_2 - \eta_1)t}{102\eta_1\eta_2\eta_e\eta_m} \quad (3)$$

де  $h$  – тиск вентилятора, Па;  $Q$  – подача вентилятора, м<sup>3</sup>/с;  $\eta_1$  і  $\eta_2$  – відповідно ККД вентиляторів до та після заміни;  $\eta_e$  і  $\eta_m$  – відповідно ККД електродвигуна та електричної мережі;  $t$  – тривалість роботи вентилятора протягом року, год.

Значне зменшення витрат електричної енергії вентиляторами досягається завдяки наступним заходам:

- застосування багатошвидкісних електродвигунів для регулювання замість шибєрів в напірній лінії (економія енергії до 20-30%);
- зміна подачі шибєрами на всмоктуванні на відміну від зміни на нагнітанні дає економію електроенергії до 15%;
- керування витяжною вентиляцією шибєрами на робочих місцях;
- зміна подачі димососу з допомогою циліндричних направляючих на відміну від дросельного дає економію електричної енергії до 25%;
- відключення вентиляційних установок під час перерв та перезмін може дати економію електричної енергії до 20%.

Нещільність та негерметичність у з'єднаннях повітропроводів до вентиляторів та інші джерела підсмоктування повітря призводять до збільшення витрат електричної енергії. Отже, стан повітропроводів необхідно періодично перевіряти на предмет появи підсмоктувань та витоків.

Для запровадження автоматичного керування вентиляційних установок можна застосовувати наступні пристрої:

- блокування індивідуальних витяжних систем (економія до 25-30%);
- блокування вентилятора теплових завіс механізмом відкривання (економія до 70%);
- автоматичного регулювання та керування в залежності від температури зовнішнього повітря (економія до 10-15%).

## Список літератури

1. Чумак Є.Ю., Сіріков О.І. Енергозбереження в насосних установках.. Наука – виробництву, 2015 : тези доповідей студентів і магістрантів на XLIX науковій конференції, м. Кіровоград, 16 квітня 2015 р. / Кіровоградський національний технічний університет. Кіровоград, 2015. С. 118–120.
2. Плешков П.Г., Казанцев Ю.І., Орлович А.Ю. Основи енергозбереження та енергозберігаючі режими в система з електропостачання промислових підприємств. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007. – 230 с.
3. Масальський В.О., Сіріков О.І. Енергозбереження в вентиляційних установках. Наука – виробництву, 2015 : тези доповідей студентів і магістрантів на XLIX науковій конференції, м. Кіровоград, 16 квітня 2015 р. / Кіровоградський національний технічний університет. Кіровоград, 2015. С. 116–118.

**Костянтин Гурін**, ст. гр. ЕНМ-21М, **Олександр Сіріков**, доц., канд. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: asirikov@i.ua

## Вплив напруги живлення на втрати активної потужності в асинхронних електродвигунах

Електричні двигуни залишаються головними споживачами електроенергії на промислових підприємствах. Тому, підвищення ефективності та економічності роботи електричних двигунів є важливою задачею, яка стоїть на етапі проектування та експлуатації. Якщо, на етапі проектування опираючись на певні навантажувальні характеристики електродвигуна, можливо звести до мінімуму втрати в ньому, то на етапі експлуатації підвищити ефективність можливо лише шляхом забезпечення проектних значень таких параметрів, як напруга живлення і коефіцієнт завантаження. Головною причиною збільшення втрат електроенергії і зменшення ефективності роботи електродвигунів є відмінність навантаження на валу від номінального, що може бути пов'язане, як з особливостями технологічного процесу зокрема, так і зміною продуктивності підприємства в цілому. Нормалізувати коефіцієнт завантаження або використовувати електричні двигуни відповідної потужності не завжди є можливим. В таких випадках підвищити ефективність роботи електричного двигуна можливо шляхом зміни напруги живлення [1-3]. Але це вимагає сукупного розгляду втрат в електродвигунах та мережі, як єдиному цілому, адже зміна напруги живлення призведе до зміни струму споживаного електродвигуном з мережі, а отже і до зміни втрат електроенергії в системі електропостачання. Розглянемо, як впливає відхилення напруги живлення від номінального значення на втрати активної потужності для найбільш поширеної електричної машини – асинхронного електродвигуна.

Відхилення напруги  $U$  змінює втрати активної потужності в асинхронному двигуні на деяку величину додаткових втрат  $\delta P$ , що може бути, як додатною, так і від'ємною, в залежності від напрямку зміни напруги, коефіцієнту завантаження  $k_3$  та типу електродвигуна. Для асинхронного двигуна зміна активної потужності  $P_{\text{дв}}$ , що ним споживається, може бути визначена з наступного виразу [4]:

$$P_{\text{дв}} = k_3 P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{ном}} + \delta P, \quad (1)$$

де  $\Delta P_{\text{ном}}$  – втрати активної потужності електродвигуна при номінальній напрузі живлення.

На рис. 1 наведені криві зміни додаткових втрат  $\delta P$  в двигунах для серій А і АО в залежності від відхилень напруги їх живлення для меж  $\pm 10\%$  [4]. Криві побудовані для двигунів потужністю 1–100 кВт з синхронною частотою обертання 1000–3000 об/хв. та коефіцієнтів завантаження  $k_3 = 1; 0,75$  і  $0,5$ .

З рис. 1 видно, що відхилення напруги в межах  $\pm 5\%$  (допустиме відхилення), призводить до незначної зміни втрати активної потужності. В той же час, вона є співрозмірною з втратами в елементах електричної мережі, а в деяких випадках і перевищує їх.

Аналіз кривих рис. 1 дозволяє зробити наступні висновки:

- при коефіцієнтах завантаження близьких до 1 доцільно тримати напругу на затискачах електродвигуна близькою до верхньої допустимої межі;
- при коефіцієнтах завантаження близькому до 0,5 краще тримати напругу на затискачах електродвигуна близькою до нижньої допустимої межі;
- при коефіцієнтах завантаження в межах 0,75 рекомендовано тримати номінальну напругу на затискачах електродвигуна (але не виключені випадки, менших втрат при напрузі ближчою до верхньої межі).

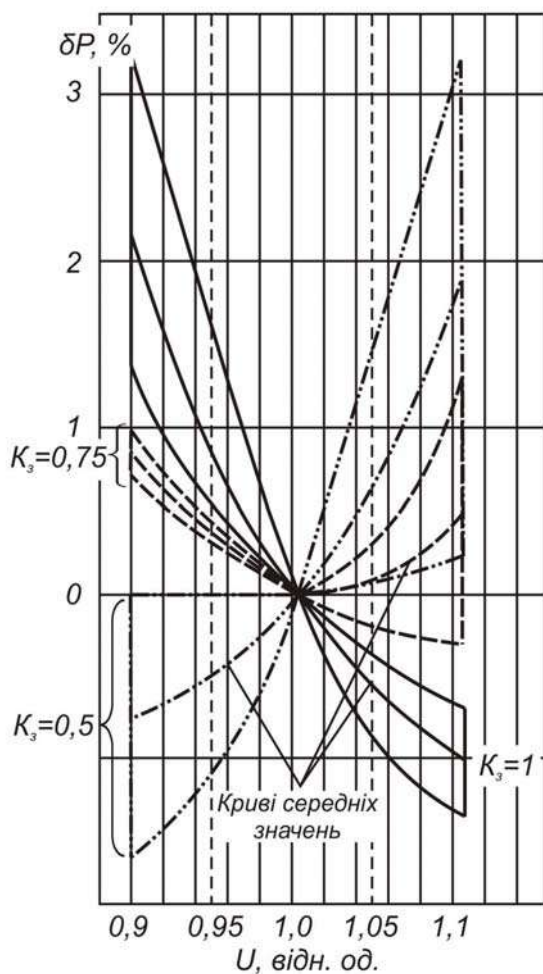


Рисунок 1 – Додаткові втрати активної потужності в залежності від напруги живлення.

відпайок трансформатора з ПБЗ, що має п'ять відгалужень ( $\pm 5\%$  з кроком  $2,5\%$ ), вибір оптимального рівня напруги зводиться до обчислення втрат активної потужності для п'ятих варіантів можливих значень напруги центру живлення, тобто цехової ТП.

## Список літератури

1. Плешков П. Г., Серебренников С. В., Сіріков О. І., Безкровна Г. В. Моніторинг якості електричної енергії у системі енергетичного менеджменту підприємства. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 102 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ, 2010. С.36-37.
2. Плешков П. Г., Сіріков О. І., Безкровна Г. В. Оптимізація рівня напруги в цехових мережах промислових підприємств. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/. – Вип. 24.Ч.1 – Кіровоград: КНТУ, 2011. С. 237-242.
3. Сіріков О.І., Безкровна Г.В. Зменшення втрат електроенергії в системі „електродвигун-лінія електропередачі” шляхом вибору оптимального рівня напруги. Вісник національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2011. №48. С. 68-75.
4. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т. 1. Электроснабжение/ Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.: ил.
5. Федоров А. А. Электроснабжение промышленных предприятий.: Учебник для вузов. / А. А. Федоров, Э. М. Ристейн. – М.: Энергия, 1981. – 360 с., ил.
6. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. И. Кудрин, В. В. Прокопчик. – Минск: "Вышэйшая школа", 1988.– 357 с.: ил.

Дмитро Кучеренко, ст. гр. ЕЕ-21М, Олександр Сіріков, доц., канд. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: asirikov@i.ua

## Проблеми компенсації реактивної потужності в електричних мережах з нелінійним навантаженням

Компенсація реактивної потужності є одним з заходів енергозбереження в електричних мережах та способом підвищення її енергоефективності та економічності. В деяких випадках компенсація реактивної потужності може стати засобом збільшення пропускної здатності системи електропостачання, що може бути досить актуальним для міських електричних мереж де постійно спостерігається збільшення електроспоживання, як за рахунок підключення нових споживачів, так і рахунок збільшення кількості та потужності електроприладів (кондиціонерів, електричних бойлерів, кавоварок і т.п.) існуючих.

Стандартним або класичним способом компенсації реактивної потужності є застосування конденсаторних установок. Вони набули поширення завдяки простоті, надійності та відносній дешевизні. В той же час широке застосування потужних перетворювачів частоти на підприємствах, імпульсних блоків живлення комп'ютерів, телевізорів, ноутбуків, світлодіодного освітлення, інверторних кондиціонерів та холодильників які, як правило, мають на вході випрямляч для ланки постійного струму, а також інших нелінійних навантажень обумовлює появу значних спотворень кривих струмів і, як наслідок, напруг в їхніх системах електропостачання. Це в свою чергу значно ускладнює компенсацію реактивної потужності класичними засобами та вимагає вирішення цієї проблеми вже з врахуванням особливостей несинусоїдальних режимів [1, 2].

В такому разі при вирішенні комплексної задачі компенсації реактивної потужності та покращення якості електричної енергії застосовують спеціалізовані фільтро-компенсуючі пристрої (ФКП). В деяких випадках використання ФКП є вимушеним кроком так, як застосування стандартних конденсаторних батарей призводить до їх перевантаження струмами вищих гармонік, і як наслідок, перегріву та швидкому виходу з ладу. До недоліків ФКП слід віднести налаштування на одну частоту (гармоніку), тому потрібно застосування декількох ФКП, що може призвести до перекомпенсації реактивної потужності. Також недоліками ФКП є неможливість регулювання реактивної потужності, що видається. Тож, на нашу думку, для вирішення питання компенсації реактивної потужності в електричних мережах з нелінійним навантаженням слід відокремити питання компенсації реактивної потужності і зниження несинусоїдальності напруги. До того ж останнє можна вирішити сучасними способами з використання «активних» пристроїв придушення гармонік [2, 3].

### Список літератури

1. Саенко, Ю.Л. К вопросу о компенсации реактивной мощности в электрических цепях с нелинейными нагрузками / Ю. Л. Саенко // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2002. – № 4. – С. 11-25.
2. Саенко Ю.Л. Методи компенсації реактивної потужності в сетях с нелинейными нагрузками / Ю.Л. Саенко, Т.К. Бараненко, Е.В. Бараненко // Вісник Приазовського державного технічного університету. Сер. : Технічні науки. - 2013. - Вип. 26. - С. 204-210. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vpdy\\_2013\\_26\\_32](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vpdy_2013_26_32).
3. Давидов О.Ю., Бялобржеський О.В. Аналіз засобів компенсації реактивної потужності в електротехнічних системах. Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2010– Вип. 3/2010 (62). Частина 1. – С. 132-136.

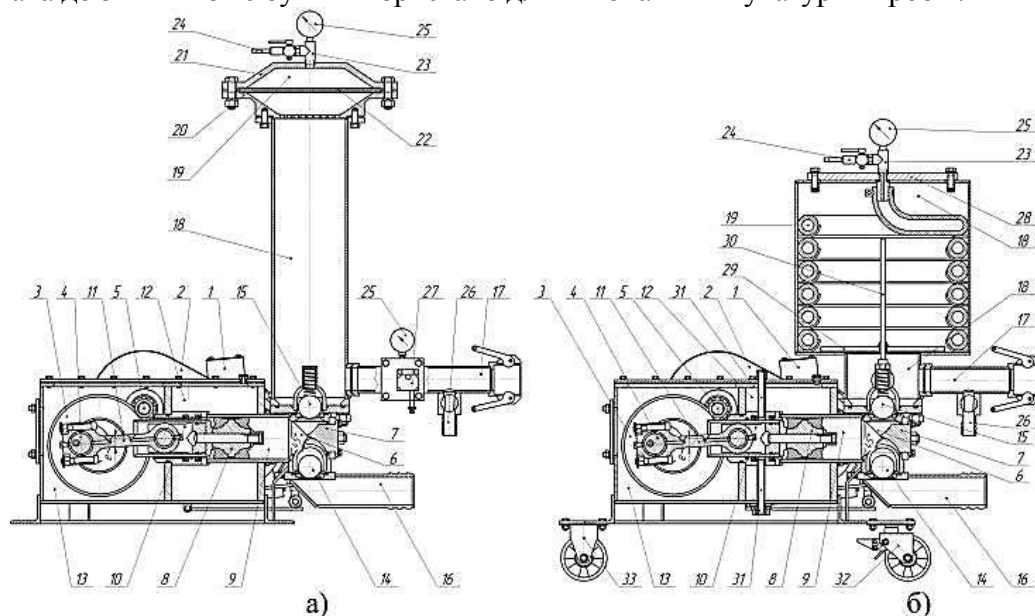
**Микола Шаповал**, доц., канд. техн. наук, **Віктор Вірченко**, доц., канд. техн. наук,  
**Анатолій Криворот**, доц., канд. техн. наук, **Максим Скорик**, ст. викладач  
 Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава,  
 Україна  
 e-mail: nvshapoval75@ukr.net

## Вплив конструктивних рішень компенсаторів на енергоефективність роботи розчинонасоса

Проблема енергозбереження актуальна в сучасних умовах експлуатації будівельної техніки, відповідно варто розглянути питання впливу ступеня пульсації розчинонасоса на енергоємність.

Відомі експериментальні дослідження [1] вказують на те, що при зростанні ступеня пульсації тиску зростає енергоємність  $E$  розчинонасоса при перекачуванні  $1 \text{ м}^3$  будівельних розчинів. Також видно, що при досягненні рівня пульсації тиску  $\delta = 0,15 \dots 0,2$  залежності зміни величини енергоємності транспортування розчинів із різною рухомістю мають пологі ділянки, тоді як після досягнення даної межі – зростання витрат електроенергії на перекачування розчину починає суттєво збільшуватися.

На (рис. 1, а) [2] зображено розчинонасос одинарної дії з комбінованими компенсаторами пульсації тиску та збільшеного об'єму (рис. 1, б) [3], що складається з привода кривошипно-шатунного механізму, всмоктувальної камери зі спеціальною вставкою, всмоктувального та нагнітального кульових клапанів, всмоктувального та нагнітального патрубків. Насос призначено для перекачування будівельних розчинів рухомістю ( $\Pi = 8 \dots 12 \text{ см}$ ) з крупністю заповнювача до  $5 \text{ мм}$  і може бути використано для виконання штукатурних робіт.



- 1 – електродвигун; 2 – клинопасова передача; 3 – зубчасте колесо; 4 – кривошипний вал; 5 – вал-шестерня; 6 – всмоктувальна камера; 7 – спеціальна вставка; 8 – поршень; 9 – робочий циліндр; 10 – повзун; 11 – шатун; 12 – камера; 13 – корпус редуктора; 14, 15 – всмоктувальний та нагнітальний підпружинений кульові клапани; 16 – всмоктувальний патрубок; 17 – нагнітальний патрубок; 18 – циліндрична камера; 19 – замкнена камера; 20 – основа; 21 – верхня кришка; 22 – гумотканинна діафрагма; 23 – патрубок редукційний; 24 – ніпель; 25 – манометр; 26 – кран зниження тиску; 27 – реле тиску; 28 – кришка; 29 – поплавок; 30 – направляючий стрижень; 31 – каналний патрубок; 32, 33 – пара коліс

Рисунок 1 – Конструктивна схема однопоршневого розчинонасоса з комбінованими компенсаторами: а) – пульсації тиску; б) – збільшеного об'єму.

Потужність розчинонасоса визначається як

$$N_{pn} = \frac{p(\varphi) \cdot Q_m}{3,6 \cdot \eta_{pn}} \quad (1)$$

де  $Q_m$  – теоретична продуктивність розчинонасоса;  $p(\varphi)$  – тиск під яким розчин подається у нагнітальний трубопровід;  $\eta_{pn}$  – загальний ККД розчинонасоса.

Енергетичні витрати можна розділити на витрату під час нагнітання  $N_{нз(\varphi)}$  та під час всмоктування  $N_{вс(\varphi)}$

$$N_{pn(\varphi)} = N_{нз(\varphi)} + N_{вс(\varphi)}. \quad (2)$$

Загальний ККД розчинонасоса

$$\eta_{pn} = \eta_{ел} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{об} \cdot \eta_{гидр} \quad (3)$$

де  $\eta_{ел}, \eta_{мех}, \eta_{об}, \eta_{гидр}$  – відповідно електродвигуна, механічний, об'ємний, гідравлічний ККД;  $p(\varphi)$  – тиск подачі розчину протягом циклу роботи розчинонасоса;  $Q_m$  – теоретична подача розчинонасоса.

З урахуванням стиснення розчину в робочій камері та зворотних витоків через клапани об'ємний коефіцієнт корисної дії розчинонасоса має вигляд

$$\eta_{об} = \frac{V_{н.ф.}}{V_p} = \frac{[V_{повн} \cdot (1 \pm \varepsilon) - \Delta V_{вс.кл}] \cdot (1 - \varepsilon_{см2}) - \Delta V_{н.кл} \cdot (1 + \varepsilon_{см2}) - V_{шк} - \left( F_n \cdot \left[ \left( x_n - \frac{h_n}{2} \right) - \frac{h_n}{2\pi} \cdot (\varphi_{нз} - \pi) \right] \cdot (1 - \delta) \right)}{V_p \cdot (1 - \varepsilon_{см2})} \quad (4)$$

де  $V_p$  – розрахунковий об'єм;  $V_{н.ф.}$  – фактичний об'єм розчину, поданий у нагнітальний трубопровід;  $\Delta V_{вс.кл}, \Delta V_{н.кл}$  – відповідно об'єми витоків розчину при закритті всмоктувального і нагнітального клапанів;  $\varepsilon_{см}$  – коефіцієнт об'ємного стиснення при тиску  $p_{н.ном}$ ;  $\varepsilon_{см2}$  – відносне стиснення розчинів, величина якого залежить від рухомості розчину.

Потужність, яка необхідна для роботи розчинонасоса протягом циклу роботи

$$\begin{aligned} 0 \leq \varphi_1 \leq \pi, \quad N_{нз(\varphi)} &= \frac{p_{атм} \cdot V_{комп} \cdot Q_m}{(3,6 \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{Г} \cdot [V_{повн} \cdot (1 \pm \varepsilon)] \cdot (1 - \varepsilon_{см2}) - \Delta V_{н.кл} \cdot (1 + \varepsilon_{см2}) - V_{шк})} \times \\ &\times \frac{V_p \cdot (1 - \varepsilon_{см2})}{\left( V_0 - F_n \cdot \left\{ R \cdot (1 - \cos \varphi) - \left[ l - \sqrt{l^2 - (R \cdot \sin \varphi - e)^2} \right] - \frac{h_n}{2\pi} \cdot \varphi \right\} \cdot \delta \right)} \\ \pi \leq \varphi_2 \leq 2\pi, \quad N_{вс(\varphi)} &= \frac{p_{атм} \cdot V_{комп} \cdot Q_m}{(3,6 \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{Г} \cdot [V_{повн} \cdot (1 \pm \varepsilon) - \Delta V_{вс.кл}] \cdot (1 - \varepsilon_{см2}) - V_{шк})} \times \\ &\times \frac{V_p \cdot (1 - \varepsilon_{см2})}{\left( V_0 - F_n \cdot \left[ \left( x_\pi - \frac{h_n}{2} \right) - \frac{h_n}{2\pi} \cdot (\varphi - \pi) \right] \cdot \varepsilon \right)} \end{aligned} \quad (5)$$

Для визначення основних показників розчинонасоса: продуктивності, об'ємного ККД та енерговитрат з кожним із компенсаторів, що досліджуються, було застосовано плановий чотирьохфакторний експеримент.

Одержані рівняння регресії, які відображають залежності:  $Y_1$  – фактична продуктивність  $П_\phi$ , м<sup>3</sup>/год,  $Y_2$  – об'ємний ККД  $\eta_{об}$ , %;  $Y_3$  – потужність  $N_{об}$ , кВт/год. від чотирьох факторів, а саме:  $X_1$  – рухомість розчину  $П$ , см;  $X_2$  – тиск подачі розчину  $p$ , МПа;  $X_3$  – приведений об'єм компенсатора  $V_{комп}$ , дм<sup>3</sup>;  $X_4$  – кут нахилу спеціальної вставки у всмоктувальній камері  $\beta^\circ$ , град.

Для визначення енерговитрат розчинонасосом одержані рівняння регресії в кодовому вигляді:

– з комбінованим компенсатором пульсації тиску

$$Y_3 = 3,321 + 0,102 \cdot X_1 - 0,021 \cdot X_3 + 0,023 \cdot X_4 - 0,026 \cdot X_2^2 + 0,311 \cdot X_3^2 + 0,338 \cdot X_4^2 + \\ + 0,046 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,054 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,07 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (6)$$

– з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму

$$Y_4 = 3,572 + 0,091 \cdot X_1 + 0,188 \cdot X_1^2 + 0,327 \cdot X_2^2 + 0,322 \cdot X_3^2 + 0,261 \cdot X_4^2 + 0,013 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,038 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,039 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,054 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (7)$$

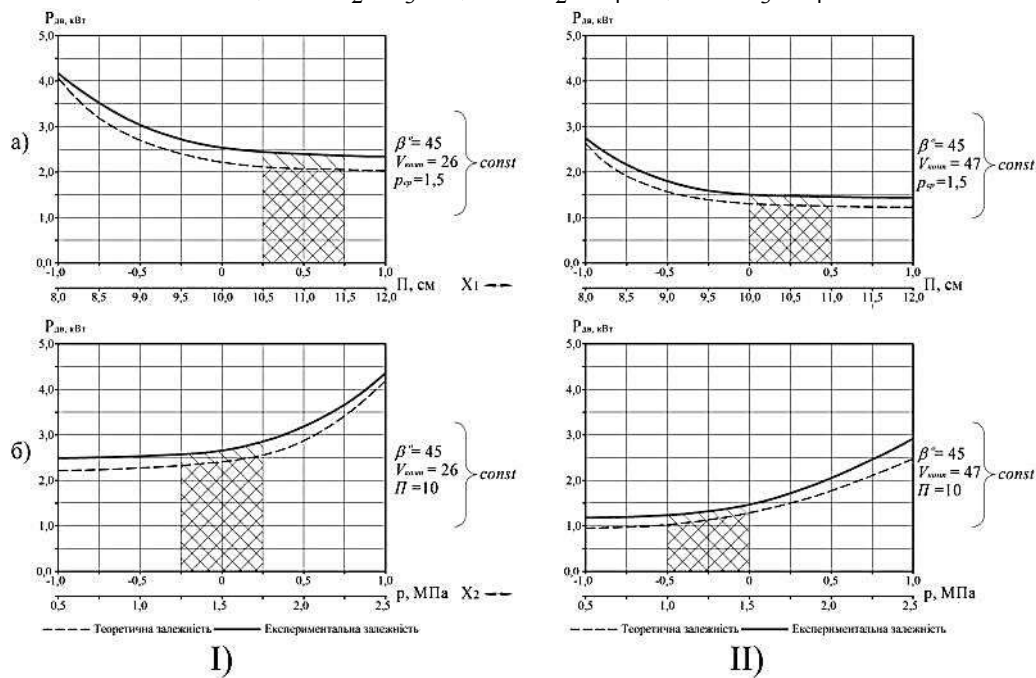


Рисунок 2 – Графічні залежності енерговитрат розчинонасоса від прийнятих параметрів робочого процесу  $\Pi$  (см),  $p$  (МПа) при встановленні:

I) комбінованого компенсатора пульсації тиску; II) комбінованого компенсатора збільшеного об'єму.

Дані рис. 2 свідчать про те, що у розчинонасоса з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму енерговитрати менші близько 1,2 кВт/год в порівнянні з розчинонасосом, у складі якого комбінований компенсатор пульсації тиску.

Аналіз експериментальних та розрахункових результатів досліджень свідчить про те, що вплив прийнятих факторів підвищує рівень продуктивності насоса та об'ємного ККД, а також зменшує витрати потужності у розчинонасоса з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму, для якого встановлено такі діапазони раціональних технологічних параметрів: рухомість розчину  $\Pi = 9,5 \dots 10,5$  см; тиск подачі  $p = 1,0 \dots 1,5$  МПа; приведений об'єм компенсатора  $V_{\text{ком}} = 43 \dots 56$  дм<sup>3</sup>; кут нахилу спеціальної вставки  $\beta = 37,5 \dots 52,5^\circ$ .

Таким чином, можливо констатувати, що розчинонасос з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму при аналогічних умовах роботи розчинонасосів має наступні переваги перед розчинонасосом, який оснащено комбінованим компенсатором пульсації тиску: ступінь пульсації тиску розчину зменшився на 18%; збільшилася продуктивність на 23%; знизилася енерговитрати на 21%.

## Список літератури

1. Онищенко О.Г. Пристрої для зниження пульсації тиску розчину на виході з форсунки / О.Г. Онищенко, В.У. Уст'янець, А.М. Матвієнко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Вип. 7. – Полтава: ПДТУ, 2001. – С. 9-13.
2. Пат. 52851 Україна, МПК 6 F04B 9/08 Малоімпульсний насос / О.Г. Онищенко, В. У. Уст'янець, М. В. Шаповал (Україна); заявник і патентовласник Полт. нац. техн. ун-т. ім. Ю. Кондратюка, № и 99020552; заявл. 02.02.1999; опубл. 15.01.2003, Бюл. №.1. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз існуючих конструкцій компенсаторів, обґрунтовано геометричні параметри компенсатора розчинонасоса.)
3. Пат. 112734 Україна, МПК F04B 11/00 Малоімпульсний насос / І.А. Ємельянова, Б. О. Коробко, М. В. Шаповал (Україна); заявник і патентовласник Полт. нац. техн. ун-т. ім. Ю. Кондратюка, № а 2015 11219; заявл. 16.11.2015; опубл. 10.10.2016, Бюл. №.19. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз існуючих конструкцій компенсаторів, обґрунтовано геометричні параметри компенсатора розчинонасоса.)

Катерина Петрова, доц., канд. техн. наук, Ігор Засць, ст. гр. ЕЕ-21М, Ярослав Москаленко, ст. гр. ЕЕ-21М, Ігор Муравський, ст. гр. ЕЕ-21МЗ-1,4  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: kateflash27@gmail.com

## Дослідження методів підвищення рівня ефективності режимів роботи електричного обладнання розподільчих мереж

**Постановка проблеми.** В умовах несприятливої ситуації в енергетичній галузі проблема надійного та ефективного функціонування обладнання розподільних електричних мереж набуває ще більшої актуальності. Перманентні ворожі обстріли енергетичної інфраструктури вимагають підвищеної уваги до вцілілого обладнання, робота якого багато в чому залежить від оцінювання його поточного стану та прогнозування термінів наступного ремонту. Це дозволить підвищити надійність роботи обладнання, зменшити збитки від простою внаслідок аварійних ситуацій, скоротити витрати на ремонт та відновлення працездатності, знизити витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Даній тематиці присвячена достатня кількість наукових публікацій [1-9], в яких окреслено багато важливих проблем. В той же час, невирішеними залишаються питання забезпечення надійності з позицій оптимальної організації та ефективного функціонування системи діагностування технічного стану елементів розподільних електричних мереж та моніторингу режимів роботи повітряних ліній електропередачі напругою 6-10 кВ.

**Виклад основного матеріалу.** Перманентне реагування на зміни, що відбуваються в Об'єднаній енергосистемі (ОЕС) України та кінцевих споживачів, формування відповідних управлінських рішень щодо усунення наслідків, зокрема довготривалих перерв в електропостачанні може бути забезпечене шляхом впровадження моделі моніторингу об'єктів енергетики (рис.1) [1].

Для забезпечення надійності роботи обладнання, своєчасного усунення порушень в його роботі необхідним є постійне оцінювання технічного стану, яка зокрема має входити до системи моніторингу розподільних електричних мереж. З урахуванням [2, 3] моніторинг розподільних електричних мереж - спеціально організоване систематичне автоматичне спостереження за технологічними процесами електричних мереж з оцінюванням або без оцінювання поточного їхнього стану. Моніторинг вже розглядається і як спостереження, так і спостереження та оцінка стану. В той же час, під оцінюванням стану треба розуміти не лише поточне оцінювання, а й ретроспективне аналізування та прогнозування подальшого стану обладнання. Відповідно до рекомендацій [1-13] цільовий блок моделі характеризує єдність мети та системи завдань, комплексне рішення яких забезпечить можливість її досягнення. Основною метою є покращення якості системи моніторингу об'єктів енергетики та підвищення рівня компетентності обслуговуючого персоналу. В другому (цільовому) блоці поєднано зміст й розвиток всіх інших подальших складових моделі, а також подана інформація щодо умов їхньої взаємодії між собою та моделі в цілому. Третій (технологічний) блок ілюструє власне технологію проведення моніторингу, що має на меті покращення якості самої системи. Крім того, третій блок виконує аналізування та систематизацію отриманої інформації, виявлення рівня негативного чи позитивного впливу тих чи тих управлінських рішень на систему моніторингу, прийняття щодо поліпшення якості системи моніторингу об'єктів енергетики. П'ятий і останній - результативний блок містить чітке уявлення щодо якості системи моніторингу об'єктів енергетики та ефективність системи

управління, результативність проведеного коригування управлінської діяльності та ступень досягнення мети й завдань моніторингу. Що підтверджує єдність цільового та результативного блоків, оскільки отримані результати моніторингу ми порівнюємо з метою та завданнями моделі [1].

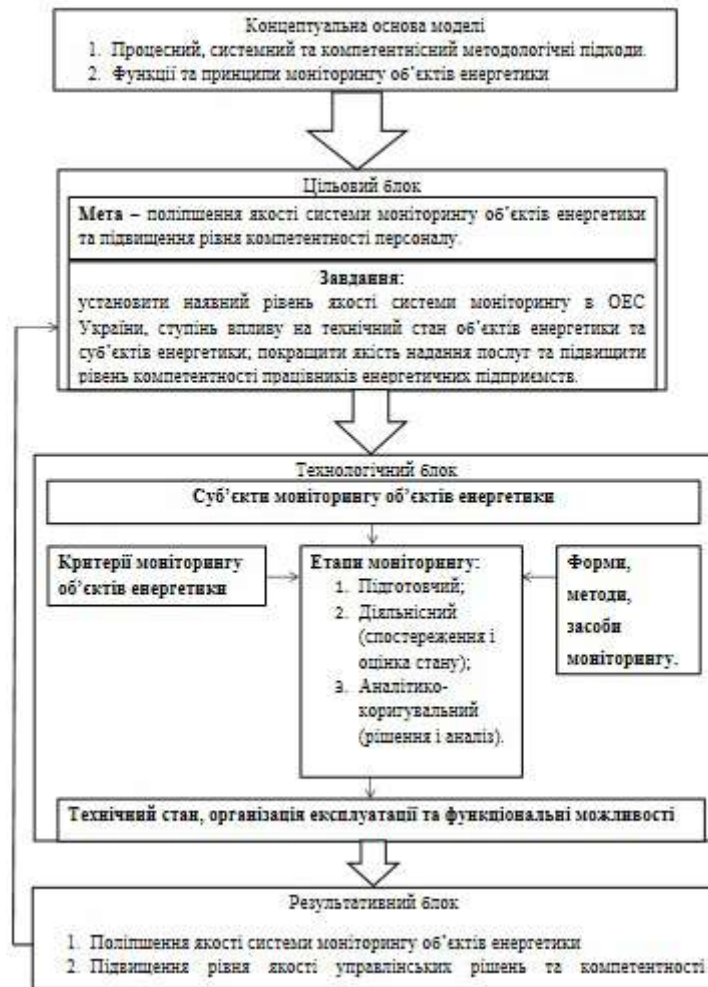


Рисунок 1 – Модель моніторингу об'єктів енергетики.

На рис. 2 наведено орієнтовний цикл моніторингу об'єктів енергетики.

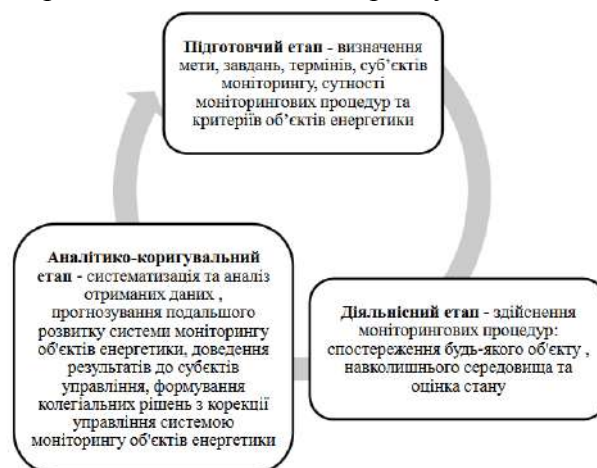


Рисунок 2 – Циклічна схема системи моніторингу об'єктів енергетики.

Подана модель моніторингу може бути реалізована для генеруючих об'єктів, магістральних та розподільних електричних мереж тощо.

**Висновки.** 1. В умовах високого рівня зношеності електроенергетичного обладнання, що продовжують використовуватись для виробництва, передавання та розподілу електричної енергії, важливим є формування комплексної системи моніторингу, оцінювання та прийняття відповідних керуючих рішень.

2. Система моніторингу повинна охоплювати встановлення відповідних критеріїв: цільовий, технологічний та результативний блоки. В той же час, така система може бути сформована окремо для кожного енергетичного об'єкту електропередавальної організації і повинна розглядатися у комплексі.

3. Існуючі методики оцінювання технічного стану дозволяють з певним рівнем точності визначити технічний стан об'єкта, водночас, в умовах старіння обладнання, несвоєчасного проведення ремонтних робіт на об'єкті важливим є врахування ймовірності виникнення окремих факторів, що можуть спричинити аварійні ситуації в подальшому. Таке врахування доречно виконувати із застосуванням принципів та алгоритмів нечіткої логіки.

4. Результати моніторингу, а також відповідного моделювання технічного стану об'єктів енергетики в комплексі, можуть бути використані під час виконання обстеження електропередавальної організації з метою підвищення ефективності її роботи.

## Список літератури

1. Волошин С.О., Бондаренко Т.А., Сукальська Л.А. Загальні питання створення системи моніторингу розподільчих електричних мереж. *VI Всеукраїнська науково-практична конференція Перспективи інновацій у суспільстві і розвитку технологій*. Харків, 24–25 листопада 2017 р. С. 10 – 11.
2. Модель моніторингу якості навчального процесу у вищому навчальному закладі / В. О. Зінченко // *Освіта та педагогічна наука*. – 2013. – № 3. – С. 16-26.
3. Основи моніторингу в електроенергетиці. Про поняття моніторингу / Б.С. Стогній, М.Ф. Сопель // *Технічна електродинаміка*. – 2013. – № 1. – С. 62 – 69.
4. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы: Под общ. Ред. Акад. НАН Украины А.В. Кириленко / *Институт электродинамики НАН Украины*. – К.: Ин-т электродинамики НАН Украины, 2014. – 408 с.
5. Костерев М.В., Бардик Є.І. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем. – К.: НТУУ КПІ, 2011. – 148 с.
6. Бардик Є. І. Підвищення надійності функціонування енергокомпаній на основі оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій при відмовах електрообладнання / Є. І. Бардик, М. В. Костерев, М. П. Болотний // *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. – 2014. – Вип. 39. – С. 13 – 19.
7. Бардик Є.І. Параметричне прогнозування залишкового ресурсу електрообладнання енергосистем на основі нечіткого регресійного аналізу // *Мат. II Міжнар. конф. "Інтелектуальні енергетичні системи – ІЕС"*, м. Мукачеве, 2011.
8. Wilfredo C. Flores, Enrique Mombello, Jose A. Jardini. Fuzzy risk index for power transformer failures due to external short-circuits // *Electric Power Systems Research*. 04/2009; 79(4):539–549.
9. Бардик Є.І. Моделювання електроенергетичної системи для оцінки ризику виникнення аварій при відмовах електрообладнання // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія Електротехніка і енергетика*. – 2013. – Вип. 1. – С. 15 – 22.
10. План розвитку розподільних електричних мереж на 2016 – 2025 роки [Електронний ресурс]: Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. – Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat\\_id=244972812](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=244972812).
11. Ахромкін А.О. Сучасні характеристики електричних мереж України: регіональний аспект // А.О. Ахромкін / *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – № 6 (223). – 2015.
12. Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільчих мереж напругою 0,38-20 кВ за повітряними лініями електропередачі" (СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005) [Електронний ресурс]: Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України від 03.02.2005 р. № 60 <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245088027>.
13. Костерев М.В., Бардик Є.І., Литвинов В.В. Нечітко-статистичний підхід до оцінювання експлуатаційної та режимної надійності об'єктів підсистем електроенергетичної системи // *Наук. пр. Донецького нац. техн. ун-ту. Сер.: Електротехніка і енергетика*. – 2013. – № 1(14). – С. 122–128.

**Катерина Петрова**, доц., канд. техн. наук, **Роман Рудюк**, ст. гр. ЕНМ-21М  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: kateflash27@gmail.com

## Дослідження можливостей опалювальних систем для підвищення рівня теплової ефективності будівель

**Постановка проблеми.** Перманентне виснаження запасів органічного палива, критичні кліматичні зміни через надмірне накопичення парникових газів в атмосфері, а також підвищення вартості енергоносіїв вимагають постійного пошуку нових методів та засобів підвищення рівня енергетичної ефективності будівель. На сьогодні, основні світові тенденції підвищення енергетичної ефективності систем тепlopостачання будівель спрямовані на інтенсифікацію використання відновлювальних джерел енергії, вторинних енергоресурсів, а також впровадження низькотемпературних опалювальних систем.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішення проблеми підвищення рівня енергоефективності будівель має особливу актуальність для України в зв'язку з обмеженістю у запасах нафти й газу, різкого зменшення видобування вугілля, а також недостатнього впровадження нових та прогресивних методів теплового захисту будівель [1]. Поєднання архітектурних рішень із забезпеченням комфортних санітарно-гігієнічних умов перебування у приміщеннях є головною складовою сучасного енергоефективного будівництва [2].

**Виклад основного матеріалу.** До низькотемпературних систем опалення належать системи, температура поверхні теплообміну яких не перевищує (25...30)°C. Передавання теплоти у таких системах забезпечується вільною конвекцією повітря (60%) вздовж нагрітої поверхні з поступовим перемішуванням його в об'ємі всього приміщення. Для них характерна низька радіаційна складова теплообміну (до 40%). Наприклад, повітряні системи опалення й кондиціонування з використанням повітряно-рідинних теплообмінників із примусовою циркуляцією; плівкові системи опалення; побутові й промислові спліт-системи тощо. Поєднання низькотемпературних систем опалення з використанням теплонасосних технологій є найефективнішим для впровадження у житлових та адміністративних будівлях.

Середньотемпературним системам опалення характерна температура подаючого трубопроводу у діапазоні (30...90)°C. У такому разі передавання теплоти забезпечує сукупність конвективного (50%) й радіаційного (50%) теплообміну. Найвідомішими є водяна й електрична системи (теплі підлоги, стіна або стеля). Середньотемпературні системи опалення впроваджують, в основному, у житлових, адміністративних й промислових будівлях. Джерелом теплоти у таких системах є переважно теплоносії від централізованого постачання (теплоелектроцентралі, котельні, когенераційні установки).

Високотемпературні системи опалення мають температуру нагрівача, що може перевищувати 90°C. Для теплообміну у такому разі характерним є концентроване випромінювання в інфрачервоному спектрі хвиль (від 60%) із зростанням температури та підвищенням ступеня чорноти поверхні нагрівального елемента. Наприклад, випромінювачі із керамічними, металевими або напівпровідниковими електронагрівальними елементами з відбиваючими рефлекторами. Високотемпературні системи використовують в приміщеннях з необхідністю локального підігрівання, наприклад, у приміщеннях із значною висотою стелі або на відкритій території. Широке розповсюдження високотемпературні системи набули у виробничих та сільськогосподарських приміщеннях.

Сучасний тренд в розвитку опалювальних систем зводиться до використання низькотемпературних систем опалення. Температура огорожувальних конструкцій, що беруть участь у променистому теплообміні, є дещо підвищеною. Це призводить до зменшення тепловіддачі від тіла людини випромінюванням і підвищення частки

конвективного теплопереносу. У випадку збільшення конвективної складової тепловіддачі тіла людини її самопочуття поліпшується внаслідок наближення фізіологічного теплообміну до природних умов [3].

Зниження частки випромінювання від тіла людини й одночасне підвищення конвективної складової дозволяє знизити температуру внутрішнього повітря на  $1 \dots 3^{\circ}\text{C}$  [4] за збереження комфортної обстановки в приміщеннях, де перебувають люди.

Кількість теплоти, що виробляється організмом людини, коливається в широких межах і залежить, в основному, від фізичної активності людини (виду роботи, що виконується). У стані спокою фізіологічна теплова потужність організму дорослої людини становить близько 120 - 180 Вт, до 20% якої витрачається на біологічне функціонування, а понад 80% втрачається у довкілля [5].

Санітарно-гігієнічні та медико-біологічні дослідження показали [6-9], що працездатність людини значно вище у випадку вдихання повітря порівняно низької температури, якщо підтримуються нормальні (комфортні) теплові відчуття.

Отже, найперспективнішим є дослідження можливостей впровадження низькотемпературних опалювальних систем для підвищення рівня теплової ефективності будівель.

**Висновки.** На сьогодні, в Україні не повністю сформована нормативно-регуляторна документальна база, що регламентує методику розрахунку основних параметрів теплового режиму приміщень різного призначення із використанням, наприклад, водяного підлогового або повітряного опалення в складі теплонасосних установок теплопостачання. Крім того, доцільним є проведення енергетичного, ексергетичного і техніко-економічного обґрунтування використання таких низькотемпературних систем, а також технічних рішень для активного теплохолодозахисту оболонки будівлі.

На основі результатів проведених комплексних досліджень відкривається можливість та створюються концептуальні передумови розробки енергоефективних та пасивних будівель нового покоління з високими експлуатаційними можливостями і рівнем теплового комфорту, що можуть набути широкого впровадження в сфері житлово-комунального господарства країни тощо.

## Список літератури

1. Дубовик В.С. Стан комунальної теплоенергетики України. *Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації*. К. 2007. С. 22 – 39.
2. Савицкий Н.В., Швец Н.А., Шляхов К.В., Юрченко Е.Л. Основные принципы методики рационального проектирования жилых зданий. *Міжнародний науково-технічний збірник. Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону*. Вип. 62. Книга 2. К.: Наукова думка. 2005. С. 292 – 295.
3. Hastings S.R., Morck O. *Solar Air Systems. A Design Handbook*. London: James and James. 2000. 286 p.
4. Norbet L. *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects*. New Jersey. USA: John Wiley and Sons Inc. 2009. 696 p.
5. Brown G.Z., Dekay Mi Sun, *Wind and Light: Architectural Design strategies*. New York. Chichester. John Wiley. 2001. 382 p.
6. Недбайло А.Н., Калинина М.Ф., Божко И.К., Новицкая М.П., Гончарук С.М., Кужель Л.Н., Лысенко О.Н. Математическая модель нестационарного процесса теплопереноса в многослойной ограждающей конструкции. *Керамика: наука и жизнь*. №2 (23). 2014. С. 14 – 29.
7. Florides G., Kalogirou S. Ground heat exchangers – a review of systems, models and applications. *Renewable Energy*. 2007. №32. P. 2461 – 2478.
8. Басок Б.И., Недбайло О.М., Ткаченко М.В., Божко И.К., Новицкая М.П. Схемні рішення оснащення енергоефективного будинку системою теплозабезпечення. *Пром. теплотехника*. 2013. Т. 35. No1. С. 50 – 56.
9. Соломаха Є.С., Новаківський Є.В., Недбайло О.М. Метод розрахунку теплового бар'єра для потреб тепло- та холодопостачання. *Пром. теплотехника*. 2014. Т. 36. No3. С. 89 – 93.

**Ігор Переверзєв**, доц., канд. техн. наук, **Тетяна Величко**, ст. викладач, **Костянтин Зятковський**, ст. гр. ЕЕ-21М  
 Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
 e-mail: igor\_pereverzev@ukr.net

## Дослідження робочих режимів дальньої електропередачі надвисокої напруги

Метою дослідження робочих режимів дальньої електропередачі (ДЕП) є визначення режиму напруги в вузлових і проміжних її точках, перетоків потужностей за елементами лінії і оцінки втрат потужності по ній. При цьому слід враховувати, що сучасні лінії електропередачі надвисокої напруги зазвичай входять до складу складнозамкнутої електричної мережі, що об'єднує між собою за допомогою автотрансформаторів зв'язку лінії електропередачі різних класів номінальної напруги, підключених до передавального і приймального кінців передачі. Таким чином, найбільш точне дослідження режимів роботи дальньої електропередачі слід здійснювати в складі складнозамкнутої неоднорідної електричної мережі системи. Однак в ряді ситуацій, при практичних розрахунках усталених робочих режимів далекої електропередачі, її кінцеві підстанції можна розглядати як шини нескінченної потужності. У цьому випадку лінія електропередачі може бути представлена самостійним індивідуальним об'єктом і виникає можливість дослідження такого об'єкта у вигляді локальної електропередачі надвисокої напруги [1, 2].

*Дослідження режимів ліній електропередачі 750 кВ, протяжністю 650 та 1100 км.*

Лінія, протяжністю 650 км, виконано проводом 5хАС-400/51, хвильова довжина лінії дорівнює  $39,12^\circ$ . Проблема для даної лінії виникає з підвищенням напруги в кінці лінії при холостому ході. Розрахунок холостого ходу даної лінії наведено за двома розрахунковими моделями: по П-подібній схемі заміщення та по рівнянням довгої лінії. Забезпечити допустиму напругу можливо за рахунок споживання надлишкової реактивної потужності в лінії, тобто встановлення в кінці лінії шунтуючого реактора. Розрахунок показав, що для лінії такої незначної протяжності, при дослідженні режимів можна використовувати П-подібну схему заміщення, але з обов'язковим урахуванням поправочних коефіцієнтів для параметрів схеми [2].

Розрахунок режиму холостого ходу по П-схемі практично збігається з розрахунком за рівнянням ( $U_2=965,94$  кВ). Установка в кінці лінії реактора, потужністю 825 Мвар, забезпечує в середині лінії напругу рівну допустимій ( $U_{300}=787,5$  кВ). У режимі передачі натуральної потужності напруга уздовж лінії знаходиться в допустимих межах, кут  $\delta_n$  дорівнює  $40,5^\circ$ , так що коефіцієнт запасу по статичній стійкості забезпечений. В режимі передачі натуральної потужності практично відсутні перетікання реактивної потужності.

Друга лінія 750 кВ, прийнята 1100 км, параметри фази такі, як і у попередньої лінії. Результати розрахунку режиму холостого ходу та натуральної потужності показали, що дана однорідна лінія не працездатна з умов забезпечення статичної стійкості ( $\delta_n=66,2^\circ$ ) та недопустимому підвищенню напруги на відкритому кінці лінії в режимі холостого ходу ( $U_2=1851,9$  кВ). Стік реактивної потужності з лінії в передаючу систему складає 2879 Мвар. Включення одного реактора в кінці лінії потужністю  $Q_p=1400$  Мвар не забезпечує допустиму напругу в середині лінії. Для забезпечення працездатності даної лінії необхідно втручання в її параметри. Встановленням на лінії трьох керованих реакторів ( $Y_{p1}=-j0,2$ ;  $Y_{p2}=-j0,1$ ;  $Y_{p3}=-j0,2$ ) забезпечуються допустимі рівні напруги тільки на передачу активної потужності всього 0,6Рнат. Для підвищення пропускної здатності даної лінії необхідно застосувати поздовжньо

ємнісну компенсацію або поздовжньо-поперечну компенсацію з керуючими реакторами та поздовжніми ємностями [1, 2].

Проведенні дослідження різних схем компенсації лінії 1100 км дозволяють забезпечити пропускну здатність  $(0,6-1,35)P_{\text{нат}}$  та статичну стійкість при куті компенсації  $\delta_{\text{л}}=(35-36)^\circ$ .

*Дослідження режимів ліній електропередачі 1150 кВ, протяжністю 2000 та 4000 км.*

Однорідна лінія 2000 км має хвильову довжину  $\lambda=125,3^\circ$ ,  $P_{\text{нат}}=5902$  МВт. При передачі по лінії натуральної потужності  $\delta_{\text{л}}=124,87^\circ$  напруга на початку лінії дорівнює  $U_1^*=1,043$ .

В режимі холостого ходу напруга  $U_1^*=0,58$  і стік реактивної потужності в передавальну систему складає  $Q_1^*=0,471P_{\text{нат}}$ . Дана лінія електропередачі непрацездатна з умови забезпечення статичної стійкості та режиму напруги при холостому ході. Забезпечити працездатність можливо налаштуванням лінії на напівхвилю за допомогою поперечних ємностей. Для забезпечення кращих умов розподілення напруг вздовж лінії та найменших втрат активної потужності в лінії електропередачі доцільно симетричне розташування налаштованих пристроїв на лінії. Було прийнято чотири пункти налаштування ( $Y_{\text{н}}^*=j0,77$ ). Передаєма потужність визначається режимом напруги на лінії і складає  $P_2^*=1,58P_{\text{нат}}$ , кут налаштування  $\delta_{\text{н}}=189,6^\circ$ . В режимі холостого ходу в середині лінії маємо провал напруги, а на початку лінії напруга близька до одиниці ( $U_1^*=0,96$ ).

*Лінія 1150 кВ, протяжністю 4000 км.*

Безсумнівний інтерес представляє дослідження лінії 4000 км. Однорідна лінія такої протяжності непрацездатна, необхідно штучно змінити її параметри. Включенням поздовжніх ємностей в лінію можна її хвильову довжину привести до півхвильової, а підключенням поперечних ємностей - до хвильової довжини. Розглядалися схеми лінії з півхвильовою характеристикою. Хвильова довжина однорідної лінії становить  $250,6^\circ$ , натуральна потужність дорівнює 5901 МВт, при  $U_{\text{ном}}=1150$  кВ.

Визначення напруги вздовж лінії залежить від місця установки компенсуючих пристроїв і їх числа. Чим рівномірніше розподілені КП, тим більше плавно змінюється розподіл уздовж лінії і можна передати більшу потужність. Але необхідно пам'ятати, що пункт компенсації це високовольтна підстанція з великими капітальними витратами.

Були проведені розрахунки режимів даної лінії з восьми КП, симетрично включених на лінії. При напрузі на лінії, що не перевищує допустиму ( $1,05U_{\text{ном}}$ ), пропускну здатність становить 6055 МВт, тобто дещо більше натуральної. Кут перебудови складає  $12,8^\circ$ . Витрата компенсуючих пристроїв дорівнює 8360 Мвар. В режимі холостого ходу та мінімальних навантажень на лінії проблем не виникає.

При схемі з несиметричним розподіленням КП ділянка в кінці лінії, протяжністю 3000 км залишається однорідною, а КП розміщуються на початку лінії, на ділянці довжиною 1000 км. На ділянці протяжністю 3000 км проявляються всі властивості напівхвильової лінії: напруга в середині ділянки залежить від навантаження, підвищене в режимі передачі максимальної потужності та знижене при мінімальному навантаженні. Лінія збалансована по реактивній потужності. Пропускна здатність лінії електропередачі дорівнює  $P_2^*=1,2P_{\text{нат}}$ . Кут перебудови складає  $40^\circ$ .

## Список літератури

1. Ю.П.Рыжов. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения / Учебник для вузов. - Изд. дом МЭИ, 2007. - 488 с.: ил.
2. В.Н.Сулейманов, Т.Л.Кацадзе. Электрические сети и системы / Учеб. - К.:НТУУ «КП», 2007.-504с.
3. Свірідов А.П., Величко Т.В. Дослідження нормальних і післяаварійних режимів протяжних ліній електропередачі з керованими пристроями компенсації. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві". - Кіровоград: КНТУ, 2015. - С.91.

Ігор Переверзєв, доц., канд. техн. наук, Олександр Бабоша, ст. гр. ЕЕ-21М

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

e-mail: igor\_pereverzev@ukr.net

## Аналіз сучасних методів розрахунку втрат електроенергії в енергосистемах України

Проблема витрат електроенергії при її транспортуванні є досить гострою для електроенергетики. За статистикою, саме в розподільчих мережах (РМ) щорічно фактичні технологічні витрати сягають 20 % від відпущеної з шин знижувальних підстанцій електроенергії, що істотно впливає на тарифи на електроенергію. Судячи зі статистичних даних [1], більша частина структури технологічних витрат електроенергії (ТВЕ) припадає на витрати електричної енергії у проводах ліній електропередачі (ЛЕП) (рис.1). Перевищення нормативних показників технологічних витрат електричної енергії через недораховані при нормуванні величини ТВЕ параметри приносить значні збитки енергопостачальним компаніям. Тому найбільш актуальними є заходи щодо зниження величини ТВЕ та уточнення методики їх розрахунку саме у проводах ЛЕП.

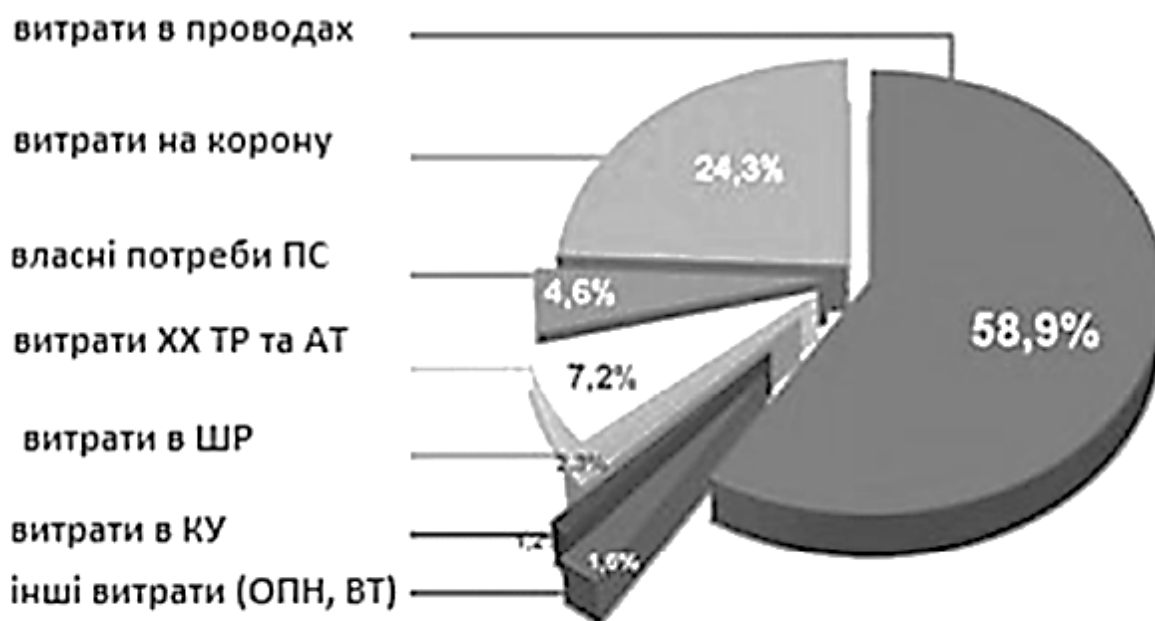


Рисунок 1 – Структура технологічних витрат електричної енергії

Зниження втрат електроенергії в електричних мережах - це складна комплексна проблема, що вимагає значних капітальних вкладень, необхідних для оптимізації розвитку електричних мереж, вдосконалення системи обліку електроенергії, впровадження нових інформаційних технологій, навчання персоналу і його оснащення сучасними засобами перевірки електроенергії [2, 3].

Аналіз залежності відносних втрат електроенергії в енергосистемах від долі споживання промисловістю показує, що чим вище доля промислового споживання, тим нижче рівень відносних втрат. І навпаки, в енергосистемах зі значним побутовим навантаженням відносні втрати електроенергії, як правило, значно вище [2].

Останніми роками у зв'язку з включенням нормативних втрат в тариф на послуги з передачі електричної енергії намітилася небезпечна тенденція підгонки цих нормативів під фактичні втрати. Така практика призводить до росту тарифів на послуги з передачі електроенергії і тарифів на електроенергію для споживачів. Ріст тарифів на електроенергію створює додаткові стимули для її розкрадань, що призводить до подальшого росту втрат.

Сумарні технічні втрати електроенергії в електричних мережах України в 2010 році склали 6,72 млрд. кВт·год. Крім того, втрати в магістральних електричних мережах - 0,97 млрд. кВт·год. Звітні втрати в 2010 році досягли 10,31 млрд. кВт·год, отже, небаланс або комерційні втрати електроенергії складають близько 2,7 млрд. кВт·год. Із загальної величини технічних втрат близько 78 % доводиться на електричні мережі 110 кВ і нижче, у тому числі 33,5% - на мережі 0,4 - 10 кВ. Якщо взяти до уваги, що комерційні втрати зосереджені в основному в мережах 0,4 - 10 кВ, то загальна частка втрат в них від сумарних по країні в цілому складає близько 60%. Враховуючи, що з об'єктивних причин завантаження електричних мереж 0,4 кВ збільшуватиметься у зв'язку з випереджаючим ростом побутового споживання електроенергії, доля втрат в розподільних мережах найближчими роками також ростиме. Відповідно повинні збільшуватися і зусилля персоналу із зниження втрат в мережах саме цього класу напруги [3, 4].

Аналіз динаміки абсолютних і відносних втрат електроенергії в електричних мережах України [3, 4], режимів роботи мереж і їх завантаження показує, що практично відсутні вагомі причини росту технічних втрат. До них в основному відноситься ріст втрат електроенергії на корону в лініях 110 кВ і вище через надлишок реактивної потужності в години мінімуму навантаження і ріст завантаження низьковольтних мереж, через збільшення долі побутового споживання електроенергії.

Головна ж причина росту втрат - збільшення комерційної складової. Для вжиття заходів по стримуванню цього росту і зниження втрат необхідно знати структуру комерційних втрат. У ідеальному випадку комерційні втрати електроенергії в електричних мережах, визначаються розрахунковим шляхом, мають дорівнювати нулю.

У реальних умовах відпустка в мережу, корисна відпустка і технічні втрати визначаються з похибками. Їх різниця фактично і є структурною складовою комерційних втрат. Вони мають бути по можливості зведені до мінімуму за рахунок виконання відповідних заходів по їх зниженню.

Сучасні методи обліку втрат електроенергії призначені для розрахунку нормативів технологічних втрат електричної енергії в електричних мережах організацій, що здійснюють передачу електричної енергії по електричних мережах [2, 4].

## Список літератури

1. Галюга А. В. Щодо уточнення розрахунку технологічних витрат електричної енергії / А.В. Галюга, А.Л. Приступа // Збірник матеріалів науково-технічної конференції : тези конф. - Суми, 2014. - 182 с.
2. Мажажихов А.А. Особенности учета потерь электроэнергии / А.А. Мажажихов // Материалы конференции профессорско-преподавательского состава и студентов ИВЭСЭП 19 апреля 2006 г. - СПб.: Изд-во Знание, ИВЭСЭП, 2006. - С. 28-32.
3. Заслонов С.В. Расчет технических потерь мощности и электроэнергии в распределительных сетях 0,38-10 кВ / С.В. Заслонов, М.А. Калинкина // Энергетик. - 2002. - № 7. - С. 21-22.
4. Міністерство палива та енергетики України. ГНД 34.09.104-2003. Галузевий нормативний документ «Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38-150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних витрат електроенергії». Видання офіційне Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики». Київ. 2004р.

Любов Тонконоженко, ст. гр. ЕСЕ-012, Валентин Ткаченко, доц., канд. техн. наук  
 Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна  
 e-mail: tkachvf@gmail.com

## Дослідження управління споживання електроенергії гуртожитками університету за рахунок прогнозування часових рядів методом регресійного аналізу та методом ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ

Прогнозування часових рядів (ЧР) є важливою науково-технічною проблемою, яка дозволяє передбачити поведінку різних факторів в технічних, економічних, соціальних та інших системах. Актуальність задачі прогнозування ЧР особливо зростає останнім часом. Це обумовлено доступністю потужних обчислювальних засобів збору та обробки інформації [1]

Важливість розв'язання проблеми прогнозування споживання електроенергії пов'язана з ефективністю управління її використанням.

Доповідь присвячено дослідженню прогнозування споживання електроенергії гуртожитком № 2 ЧДТУ методом регресійного аналізу та методом головних компонент з використанням пакету STATISTICA 10 та оцінці точності вказаних методів прогнозів.

В результаті застосування регресійного аналізу [2, 3], визначено чинники, які найбільше впливають на споживання електроенергії, а саме:  $X_1$  - Середньорозрахункова кількість людей, які можуть перебувати в приміщенні, (осіб) та  $X_2$  - Середньодобова температура зовнішнього повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ). Фактор  $X_3$  – Корисна площа будівлі (кв.м), як показав регресійний аналіз, не має впливу на енергоспоживання гуртожитку, тому був виключений з аналізу.

З отриманих результатів регресійна модель має наступний загальний вигляд:

$$y = 2,02E - 16 + 0,060Z_{1i} - 0,93Z_{2i}$$

Застосувавши метод головних компонент отримали математичну модель першої головної компоненти:

$$ГК_1 = 0,05129 \cdot Z_{1i} - 1,025 \cdot Z_{2i}$$

де  $Z_i = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma_i}$ , - стандартизоване значення змінних  $X_i$ ;  $\bar{X}_i$  - середнє значення  $i$ -ого чинника;

$\sigma_i$  - середньоквадратичне відхилення. У нашому випадку, так, як методом визначено лише одну головну компоненту, то  $Z_i$  рівняється стандартизованому значенню змінних  $X_i$ .

На рис. 1 представлено графік порівняння прогнозованих значень споживання електричної енергії за регресійним аналізом та методом головних компонент з фактичним споживанням електроенергії за досліджувальний період.

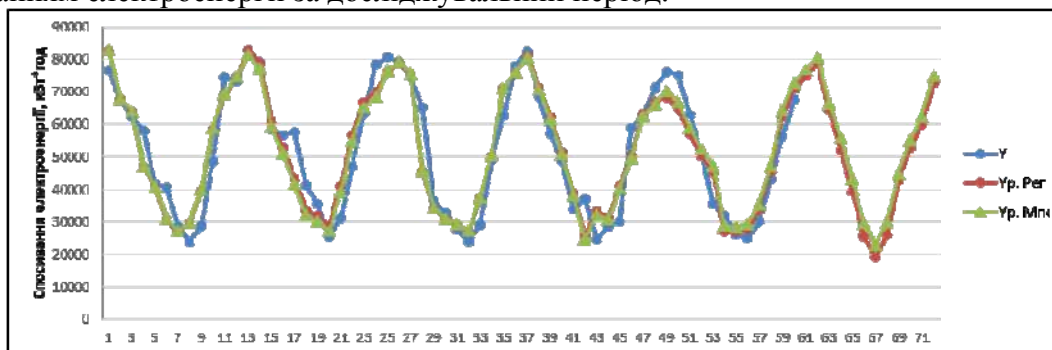


Рисунок 1 – Порівняння фактичних та прогнозованих значень споживання електроенергії гуртожитком.

Точність сформованих регресійних моделей електроспоживання оцінювалась на основі середньої відносної похибки (MAPE), середньоквадратичної похибки (PMSE), визначення коефіцієнта варіації (CV) [4, 5].

Результати розрахунків показників точності зведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Оцінка точності.

| Назва методу             | MAPE (%) | PMSE (кВт·год) | CV   |
|--------------------------|----------|----------------|------|
| Регресійний аналіз       | 11       | 6558           | 0,12 |
| Метод головних компонент | 11       | 6559           | 0,12 |

Чим менше значення цих величин, тим вища якість прогнозу. На практиці ці характеристики використовують досить часто. Даний підхід дає гарні результати, якщо на періоді прогнозу не виникають принципово нові закономірності. На підставі критерія MAPE можна дійти висновку стосовно загального рівня точності моделі шляхом їх порівняння, цей рівень наведений у табл. 2

Таблиця 2 – Точність прогнозу в залежності від MAPE.

| MAPE       | Точність прогнозу |
|------------|-------------------|
| Менше 10%  | Висока            |
| 10% - 20%  | Добра             |
| 20% - 40%  | Задовільна        |
| 40% - 50%  | Погана            |
| Більше 50% | Незадовільна      |

Результати аналізу показали, що точність моделей, побудованих на основі методу визначення головних компонент та регресійного аналізу, в даному, конкретному випадку однакова. Це пов'язано з тим, що за методикою аналізу головних компонент було визначено тільки одну головну компоненту, на яку впливають два чинники ;  $X_1$  - Середньорозрахункова кількість людей, які можуть перебувати в приміщенні, (осіб) та  $X_2$  - Середньодобова температура зовнішнього повітря ( $^{\circ}\text{C}$  ). Вказана головна компонента пояснює туди 51,29 % мінливості даних. Чинник  $X_3$  – Корисна площа будівлі (кв.м) був автоматично виключений з розрахунку з причини відсутності дисперсії. Виходячи з досвіду проведеного дослідження можна зробити висновок, методом аналізу головних компонент доцільно користуватися у разі більше розширеного числа чинників (факторів) що впливають на енергоспоживання, за умови що всі вибірки чинників будуть мати дисперсію відмінну від «0». У такому випадку кількість головних компонент зростає і у результаті дасть більший кумулятивний відсоток який пояснює мінливість даних.

## Список літератури

1. Bowerman B. Forecasting: methods and applications. 4th ed./ B. Bowerman, R. O'Connell, A. Koehler. – Belmont, CA.:Thomson Brooks, 2005. – 384 p.
2. Бережна Л. В. Економіко-математичні методи та моделі в фінансах / Л. В. Бережна, О. І. Снитюк. – К. : Кондор, 2009. – 301 с.
3. Бокс Дж. Анализ временных рядов [Текст]. Прогноз и управление. / Дж. Бокс, Г. Дженкис. – М. : Мир, 1974. – 255 с.
4. Бахрушин В.С. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів /В.С. Бахрушин. – Запоріжжя : КПУ, 2011. – 268 с.
5. Іващенко П.О. Багатовимірний статистичний аналіз / П.О. Іващенко, І.В. Семеняк, В.В. Іванов. – Х. : Основа, 1992. – 144 с.

**Олександр Самойлик**, доц., канд. техн. наук, **Валентин Ткаченко**, доц., канд. техн. наук,  
**Дмитро Строкань**, зав. лаб.

*Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна*  
*e-mail: strokand@gmail.com*

## Підвищення ефективності визначення топології можливого технологічного об'єднання електричних мереж з елементами розподіленої генерації

Несанкціонована втрата окремих потужностей існуючих електричних мереж – один з можливих сценаріїв сучасної реальності в енергетиці України. Звідси виникає необхідність у мобілізації як наявних, так і потенційних технічних та технологічних ресурсів.

Вказані проблеми повною мірою актуальні при використанні розподіленої генерації (РГ) на стороні споживачів електроенергії у складі окремих електротехнічних комплексів (ЕТК). Як відомо, одним із напрямків модернізації вітчизняної електроенергетики останнім часом є активне впровадження малої розподіленої генерації, у тому числі на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [1, 2]. Вказаний тренд обумовлений, у тому числі, актуальним нормативно-правовим середовищем.

У доповіді запропонована ідеологія формування «гнучкого технологічного об'єднання» з окремих існуючих електротехнічних комплексів на базі розподіленої генерації, що забезпечує підвищення ефективності електропостачання за рахунок максимального використання всього потенціалу розподіленої генерації. При цьому передбачається, що таке об'єднання матиме додаткову «опцію» у вигляді солідарного покриття навантаження за рахунок організації, у тому числі, додаткових ліній електропередачі (ЛЕП). Також проаналізовано ймовірне технологічне об'єднання (ТО) на прикладі групи попередньо незалежних ЕТК, що представлені на рис. 1.

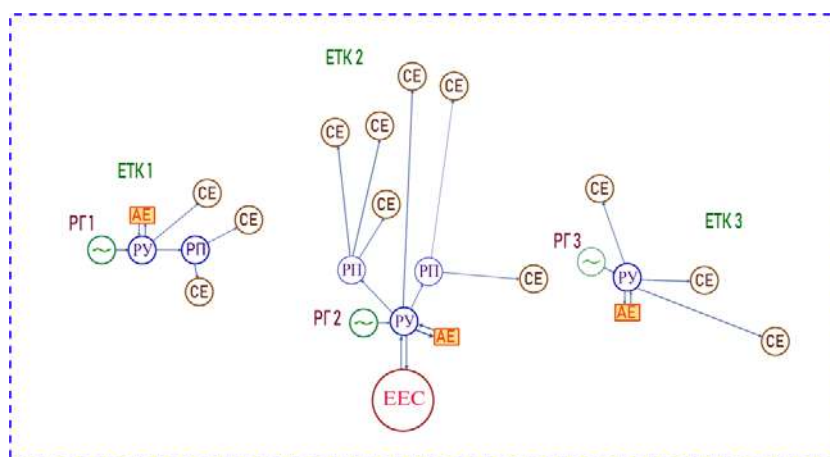


Рисунок 1 – Група незалежних ЕТК:

ЕЕС – електроенергетична система; СЕ – споживач електроенергії; РГ – розподілена генерація;  
 ЕТК – електротехнічний комплекс; РУ – розподільча установка; АЕ – акумулятор енергії;  
 РП – розподільчий пункт.

Два ЕТК (ЕТК1 і ЕТК3) автономні, не мають зв'язку електроенергетичною системою; ЕТК2 має зв'язок з ЕЕС. Досить імовірно, що в разі створення такого альянсу роль Центрального управляючого пункту приймає на себе ЕТК2. Але не виключено, що кожному

ЕТК вигідніше буде побудувати власні зв'язки з зовнішньою системою. При цьому місця приєднання ЛЕП та їх характеристики є невідомими, що підлягають наступному визначенню

Зрозуміло, що на характер такого об'єднання накладаються загальновідомі обмеження на робочий струм  $I_{ij}$  та величину падіння напруги на лінії. Кількість новостворених ліній між існуючими ЕТК (рис. 2) та їх техніко-економічні характеристики повинні мати характеристики у залежності від основних цілей такого технологічного об'єднання, до яких можна віднести, наприклад, забезпечення необхідного класу надійності енергопостачання; отримання додаткової гнучкої потужності; новий рівень роботи зі споживачами, можливість пропонувати нові програми керування споживанням та інші. Поставлені завдання повинні бути відповідним чином скоординовані.

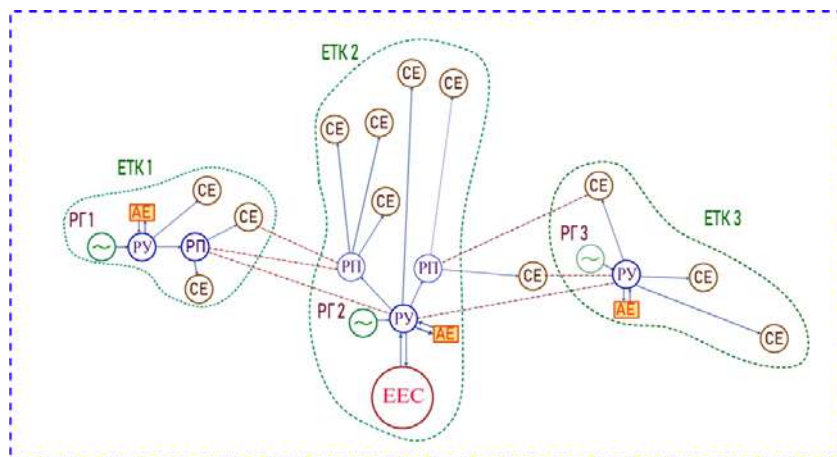


Рисунок 2 – Технологічне об'єднання ЕТК.

Очевидно, що повнота і якість отриманих переваг при технологічному об'єднанні значною мірою визначається додатковими варіантами топології новоствореної мережі.

Розглянуто один з можливих алгоритмів оцінки структурних властивостей на прикладі технологічного об'єднання ЕТК, що утворено трьома ЕТК (рис. 1). Як інструмент використано структурний аналіз систем. Формалізацію опису структури проведено на основі теорії графів. Структурні властивості електричної мережі, що створюється після технологічного об'єднання декількох ЕТК, можна визначати на основі структурно-топологічних характеристик графа, які розраховуються за допомогою матриці суміжності вершин. Для оцінки якості структури ТО і її елементів з позицій системного підходу визначено основні структурні характеристики: зв'язність структури, структурна надмірність, нерівномірність розподілу зв'язків та структурна компактність.

Таким чином, розглянуто об'єднання декількох ЕТК на базі РГ в єдину електричну мережу та можливі шляхи забезпечення оптимальної топології отриманої електричної мережі. Перспективними дослідженнями у цьому напрямку, на наш погляд, є розробка алгоритму раціонального розміщення можливих додаткових споживачів, а також послідовність і алгоритм нарощування навантаження без радикального коригування визначеної раніше топології технологічного об'єднання ЕТК.

## Список літератури

1. Лежнюк П.Д., Гулько І.О. Дослідження впливу РДЕ та секціонування на режими роботи локальних електричних систем. Наукові праці ВНТУ, 2016, № 2. С. 1-12.
2. Козирський В.В. Формування динамічної моделі відновлення електропостачання споживачів в системах з джерелами розподіленої генерації / В.В. Козирський, О.В. Гай, В.М. Бодунов, В.А. Костюк // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – Вип. 13. Т.2. – С. 50–56.

Дмитро Синицький, ст. гр. ЕСЕ-012, Валентин Ткаченко, доц., канд. техн. наук,  
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна  
e-mail: tkachvf@gmail.com

## Дослідження стану міських електричних мереж та обґрунтування вибору підвищення номінальної напруги в них

Тема перспективи переходу від триступеневої системи передачі та розподілу електричної енергії 110-35-(6)10 кВ на двоступеневу систему 110-20 кВ вже багато років обговорюються фахівцями та Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [1]. Але, на жаль до цього дня це питання не набуло широкого впровадження не зважаючи на вже підтверджені та ті, що ще досі досліджуються питання за цією актуальною темою.

Сьогодні, в цей складний, для нашої держави час, коли електроенергетична структура багатьох міст повністю або частково зруйнована і потребує повної відбудови а питання підвищення енергоефективності роботи електричних мереж та зменшення втрат в розподільчих мережах, з врахуванням перспективи розвитку, набуває нового сенсу, перехід на більш високий клас напруги 20 кВ зі зміною конфігурації мережі та нових підходів до автоматизації розподільчої мережі і систем обліку електричної енергії в містах України стає пріоритетним завданням електроенергетиків.

У доповіді розглянуто два варіанти напруг 20 кВ і 10 кВ. У варіанті 20 кВ питомі витрати на утримання електричних мереж значно менші, ніж у варіанті 10 кВ, так як економічна потужність підстанції приблизно на 40% більше, ніж у варіанті 10 кВ. На потужності мережевих трансформаторних підстанцій (ТП), що живлять мережі низької напруги (НН), величина напруги мережі живильної ТП практично не впливає. По мережах НН в обох варіантах немає суттєвої різниці в капіталовкладеннях.

У той же час для ТП при більш високій напрузі (20 кВ порівняно з напругою 10 кВ) підвищується вартість апаратури і матеріалів, які використовують під час монтажних робіт, приблизно на 20%, трансформаторів – на 5–7%. Об'єм приміщення при напрузі 20 кВ збільшується на 50–75%, для трансформаторних камер – істотно не змінюється. Приміщення з низьковольтною апаратурою в ТП для обох варіантів однакові. Вартість ТП 20 кВ з будівельною частиною дорожче ТП 10 кВ тієї ж потужності в середньому на 10-15% [2].

Щорічні витрати по кабельних мережах 10 кВ і 20 кВ при однаковому струмі приблизно однакові.

Величина струму, що надходить в мережу 20 кВ від підстанції, складає приблизно 70% від його величини при напрузі 10 кВ. Відповідно зменшується перетин кабелів при 20 кВ. Тобто впровадження 20 кВ доцільно в містах з високою щільністю електричних навантажень, при проектуванні нових мереж та реконструкції існуючих підстанцій.

Мережі рівня напруги 20 кВ успішно застосовуються у багатьох країнах світу, зокрема, в Чехії, Словаччині, Франції, Фінляндії, Польщі, Японії, Німеччині тощо. Переведення електричної мережі на рівень напруги 20 кВ із зміною конфігурації максимально ефективно при одночасній автоматизації цієї мережі та реконструкції систем обліку, і такий підхід дозволить [1]:

- передавати більшу потужність без зміни перетину проводів;
- знизити технологічні витрати електроенергії при її транспортуванні;
- зменшити загальну довжину ліній 0,4 кВ та втрат в ній за рахунок використання щоглових КТП 20/0,4 кВ;

- реконструювати мережі із застосуванням сучасного, більш надійного, обладнання, в габаритах існуючого; ізольованого проводу (СПП-3) та кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену; розподільних трансформаторів з магнітопроводами з аморфної сталі із меншими втратами холостого ходу;

- зменшити недовідпуск електричної енергії шляхом автоматизації мереж, зокрема встановленням реклоузерів для секціонування мереж;

- збереження охоронних зон повітряних ліній електропередачі (для ПЛ до 20 кВ охоронна зона складає 10 метрів);

- усунути дефіцит потужності в центрах живлення;

- створити резерв потужності для гарантованого надійного електропостачання споживачів;

- створити можливість підключення розподіленої генерації;

- покращити показники якості електропостачання SAIDI та SAIFI за рахунок підвищення надійності роботи електрообладнання, за умови одночасної зміни режиму роботи заземлення нейтралі, відключення однофазного замикання, автоматизації мереж, що, в свою чергу, призведе до зменшення витрат на ремонт та експлуатацію мереж.

Розглянувши переваги і недоліки мереж напругою 20 кВ в порівнянні з 10 кВ. дійшли висновку, що, як зазначалось раніше, перша перевага – це більша пропускна потужність. Друга перевага мереж 20 кВ – це зниження втрат електроенергії і напруги на передачу. В сучасних умовах зі зміненими цінами на електротехнічне обладнання і з ростом тарифів на електроенергію рекомендовані в ПУЕ значення  $J_e$  (А/мм<sup>2</sup>) вже не є економічними, так як не відповідають мінімуму щорічних витрат. Тому при виборі перетину проводів повітряних ЛЕП слід керуватися технічними вимогами і, в першу чергу, – допустимих струмових навантажень. У цьому випадку для однієї і тієї ж потужності навантаження перетин проводів на 10 кВ і 20 кВ будуть відрізнятися в 2–3 рази. Третя перевага – це те, що втрати потужності відповідно на напрузі 20 кВ будуть в 1,5 рази менше, ніж при 10 кВ. Таке ж співвідношення зберігається і для відношення втрат напруг [3].

У такому разі при однаковому навантаженні в мережі використання кольорових металів зменшується на 50% і відповідно затрати на будівництво мережі 20 кВ зменшуються. Але необхідний переріз визначається не лише рівнем напруги та термічною стійкістю, а і районом розташування лінії за ожеледдю, температурою, вітром та галопуванням. Тому реальна можливість економії кольорових металів істотно нижча і знаходиться в межах 18–45 %.

При переводі мереж на 20 кВ використовувати існуючі кабелі 6–10 кВ не вдається. Відомі труднощі виникають і з використанням будівель ТП. При звичайному компонуванні осередків ці приміщення, як правило, не вміщують обладнання на 20 кВ, тому доводиться або будувати нові ТП на напругу 20 кВ, або розробляти нову, більш компактну конструкцію РУ 20 кВ [4].

## Список літератури

1. Сайт «Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/news/rezultati-naradi-z-pitan-pidvishchennya-energoefektivnosti-roboti-elektromerezh-ta-zmenshennya-vtrat-v-rozpodilchikh-merezhakh-610-kv-shlyakhom-perekhodu-na-20-kv?news=5272>
2. З. Бахор, А. Козовий, Г. Лысяк, А. Яцко. Повышение эффективности распределительных электрических сетей 6/10 кВ. Энергия инж. системы управления, 2018, т. 1, с. 4, № 2, [Web resource]. <https://science.lpnu.ua/jeccs/all-volumes-and-issues/volume-4-number-2-2018/improvement-610-kv-distribution-power-networks>.
3. Krishans Z. Fundamentals of power engineering enterprises managment / Z. Krishans. – Riga: Riga Technical University, 1997. – 122 p. – (in Latvian).
4. Тодирка С. В большом мегаполисе за сетями 20 кВ – будущее / С. Тодирка // Энергоэксперт. – 2010. – №5. – С. 56–58.

**Олександр Козловський**, доц., канд. техн. наук, **Сергій Циганенко**, ст. гр. ЕЕ-21М  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: kozlovskyoa@gmail.com

## Особливості теплових режимів електрошаф багатошпиндельних каменеобробних фрезерних верстатів

Портальні фрезерні верстати для обробки каменю представляють собою 3-х осьову платформу на супорт осі Z якої встановлюється від 4-х до 12-ти шпинделів у залежності від необхідної продуктивності виготовлення виробів. Електрична частина таких верстатів містить апарати захисту та керування, перетворювачі частоти (ПЧ) для живлення електродвигунів шпинделів, серводрайвери електродвигунів приводу осей, мережевий дросель для захисту живлячої мережі від вищих гармонічних складових напруги, систему числового програмного керування (ЧПК). З'єднання блоків один з одним здійснюється екранованими кабелями.

Головною особливістю багатошпиндельних каменеобробних фрезерних верстатів є тяжкі умови роботи. Зазвичай, цехи в яких вони розміщуються – це сирі та одночасно запилені приміщення внаслідок сумісного застосування технологій «мокрый різ» і «сухий різ» при обробці каменю. Тому електрообладнання каменеобробних верстатів необхідно розміщувати в електрошафах з високим ступенем захисту від дії навколишнього середовища. У той же час, перетворювачі частоти та мережевий дросель мають високе тепловиділення і являються основними джерелами тепла в шафі. Наприклад, тепловиділення ПЧ серії VF-AS3 (Toshiba) з номінальною потужністю 5,5 кВт складе 278 Вт, а дроселя потужністю 50 кВт – близько 190 Вт. Недотримання теплового режиму цього обладнання призведе до істотного зменшення його строку служби, а в найбільш тяжких випадках – до виходу з ладу. У зв'язку з тим, що шафа верстату повинна мати високий ступінь захисту (не нижче IP68), для її охолодження необхідно виконувати комплексні заходи. Тому забезпечення рекомендованих виробником температур обладнання є важливою та актуальною задачею.

Існує ряд шляхів вирішення цієї проблеми: винесення електрошафи за межі цеху, установка електрошафи збільшеного об'єму або декількох, застосування систем охолодження з примусовою циркуляцією повітря, використання спеціалізованих теплообмінників для охолодження шафи, підключення електродвигунів двох шпинделів до одного ПЧ подвійної потужності, оптимальне розміщення електрообладнання в шафі.

Для багатошпиндельного фрезерного каменеобробного верстату найбільш доцільно вирішувати цю проблему у декілька етапів: розмістити електрообладнання в двох електрошафах, використати ПЧ подвійної потужності та вмонтувати в шафу теплообмінник. Шафа ПЧ шпинделів і мережевого фільтра розміщуються безпосередньо на порталі фрезерного верстата, таке рішення дозволяє максимально наблизити ПЧ до електродвигунів шпинделів. До кожного ПЧ підключаються по два шпинделі, це дозволяє скоротити тепловиділення ПЧ серії VF-AS3 до 7% (за потужності кожного шпинделя 5,5 кВт). Внаслідок чого скорочується довжина живлячих кабелів, а отже знижуються в них втрати електроенергії та загальний рівень електромагнітних завад у електричній частині верстата. У зв'язку з тим, що шпинделі мають рідинне охолодження, то доцільно встановити в електрошафі з ПЧ та мережевим дроселем рідинний теплообмінник приєднаний до загальної системи охолодження фрезерного верстата.

Проведене чисельне моделювання теплового режиму найбільш теплонавантаженої електрошафи з 4-ма перетворювачами частоти та мережевим дроселем 8-ми шпиндельного фрезерного каменеобробного верстату в застосунку FlowSimulation програмного комплексу SolidWorks підтвердило ефективність запропонованих рішень.

**Олександр Козловський**, доц., канд. техн. наук, **Анатолій Орлович**, проф., канд. техн. наук, **Денис Квітов**, ст. гр. ЕЕ-21М  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: kozlovskyioa@gmail.com

## Шляхи підвищення експлуатаційної надійності ізоляції повітряних ліній 6-10 кВ

Основним показником експлуатаційної надійності лінійної ізоляції є параметр потоку відмов  $\omega(t)$ . Зазвичай, його розглядають як суму двох складових:

$$\omega(t) = \omega_1(t) + \omega_2, \quad (1)$$

де  $\omega_1(t)$  – складова, що зумовлена природнім старінням і зносом ізоляторів ПЛ, рівна відношенню кількості ізоляторів, що відмовили  $\Delta n(t)$  до кількості ізоляторів  $n_0$ , що знаходились у роботі впродовж проміжку часу  $\Delta t$ :  $\Delta n(t)/n_0 \Delta t$ ;

$\omega_2$  – складова, що зумовлена випадковими зовнішніми чинниками.

Аналіз (1) показує, що підвищення експлуатаційної надійності лінійної ізоляції можливо досягнути шляхом зменшення обох його складових. Зниження першої складової досягається за рахунок підвищення якості технічного обслуговування лінійної ізоляції, другої – за рахунок удосконалення конструктивних елементів ПЛ: траверс, ізоляторів, проводів. На практиці ці задачі вирішуються за допомогою, відповідно, активного та пасивного підходів.

Пасивний підхід полягає в реконструкції ПЛ, під час якої проводиться заміна стандартних ізоляторів на нові, зі збільшеним шляхом струму витікання; заміна траверс на траверси зі збільшеними міжфазними проміжками; заміна неізольованих проводів на самоутримні ізольовані проводи типу SAX, СП-3. Із перерахованих заходів найбільш дієвий – це заміна проводів ПЛ, за умови, що електроопори ПЛ володіють достатнім залишковим механічним ресурсом. Таку модернізацію ПЛ 10 кВ виконують деякі енергопостачальні компанії України. Головними перевагами даного удосконалення діючих ПЛ є усунення проблем забруднення лінійної ізоляції, у т.ч. і в холодну пору року ожеледно-паморозевими відкладеннями, накидів гілок дерев, загибелі крупних птахів від ударів електричним струмом. Недоліками цього підходу є високі капітальні витрати та знеструмлення споживачів на час проведення реконструкції ПЛ. Активний підхід полягає в обладнанні ПЛ системами діагностування ізоляторів (СДІ). Для ліній 6-10 кВ найбільш доцільними виявилися автоматизовані дистанційні системи. Які дозволяють на основі малих безпілотних літальних апаратів (БПЛА) визначати наявність і рівень забруднення ізоляторів, їх механічні дефекти: тріщини, сколи, опіки, оплавлення і т.п. Розроблені, на сьогодні, СДІ на базі БПЛА базуються на однопараметровому візуально-інструментальному методі дистанційного неруйнівного контролю. Який реалізується за допомогою встановленої на БПЛА відеокамери видимого діапазону. Отримані зображення з додаткової бортової камери аналізується у режимі on-line або off-line попередньо навченою згортковою нейронною мережею, яка ідентифікує дефект ізолятора. Головна перевага таких систем – низька вартість. Однак, вони потребують удосконалення, оскільки наявність візуально визначеного дефекту ізолятора є лише необхідною умовою збільшення його струму витоку до критичних рівнів. Тому для постановки однозначного діагнозу про стан дефектного ізолятора необхідно використовувати додатковий параметр діагностування – розрядну активність навколо ізолятора. Тобто, діагностування ізоляторів доцільно проводити в два етапи: на 1-му виявляти дефектні ізолятори, а на 2-му – остаточно визначати їх стан. Розробка СДІ на базі БПЛА з двоетапним діагностуванням ізоляторів ПЛ дозволить покращити точність діагностування при мінімальному використанні УФ-дефектоскопу.

Денис Леонт'єв, ст. гр. ЕЕ-21М, Владислав Олійник, ст. гр. ЕЕ-21М, Василь Зінзура,  
доц., канд. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: vasilyzinzura@gmail.com

## Математична модель нечіткої системи автоматичного керування рівнем напруги в розподільних електричних мережах

Впровадження сучасних технологій та новітніх систем автоматизації у вітчизняній промисловості ставить нові вимоги до якості електроенергії та надійності електропостачання. Одним із найважливіших параметрів якості електроенергії є рівень відхилення напруги. Відхилення напруги, особливо в бік її зменшення, спричиняють значні економічні збитки практично в усіх галузях промисловості.

Проведений аналіз методів регулювання напруги в розподільних електричних мережах (РЕМ) показав, що найбільш досконалим із них є закон зустрічного регулювання напруги. Аналіз технічних засобів, з допомогою яких реалізується зустрічне регулювання, показав, що найчастіше для цього використовують силові трансформатори з пристроями регулювання напруги під навантаженням (РПН). В сучасних електричних мережах найбільшого поширення набули трансформатори з механічними пристроями РПН.

Ресурс механічних контактів пристрою РПН силового трансформатора досить малий, оскільки йому доводиться комутувати значні робочі струми. Ремонт пристрою РПН – це досить трудомістка і порівняно затратна операція. Все це приводить до того, що оперативний персонал підстанцій намагається проводити перемикання відпайок силового трансформатора якомога рідше. З цієї причини автоматичні регулятори напруги силових трансформаторів, як правило, відключаються. Відповідно, якість напруги значно знижується, а втрати від неякісного електропостачання зростають.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є удосконалення систем автоматичного керування (САК) пристроями РПН силових трансформаторів з метою підвищення їх надійності без суттєвого погіршення якості електроенергії

На рис. 1. наведена узагальнена комп'ютерна імітаційна модель інтелектуальної системи автоматичного регулювання напруги в РЕМ.

На рис. 1: «Т1» – модель силового трансформатора ТМН-10000/110 з механічним пристроєм РПН; «Усист» – модель живлячої мережі; «САК РПН» – САК пристроєм РПН силового трансформатора; «Система моніторингу стану силового трансформатора» - модель системи моніторингу стану силового трансформатора; «Стат. аналіз ВН», «Стат. аналіз НН» – блоки розрахунку статистичних показників ПЯЕ; «Pint\_disp1», «Pint\_disp2» – блоки відображення значень інтегральної ймовірності потрапляння усталеного відхилення напруги в нормально допустимі межі згідно ГОСТ 13109-97; «Nf\_disp1», «Nf\_disp5» – блоки відображення кількості не потраплянь значень усталеного відхилення напруги в нормально допустимі межі; «Uvn\_score», «Unn\_score» – віртуальні осцилографи, що відображають графіки зміни діючих значень напруги на стороні ВН та НН силового трансформатора.

Результати моделювання розробленої та базової САК режимами напруги РЕМ для випадку «зношеного» пристрою РПН представлені у вигляді графіків на рис. 2.

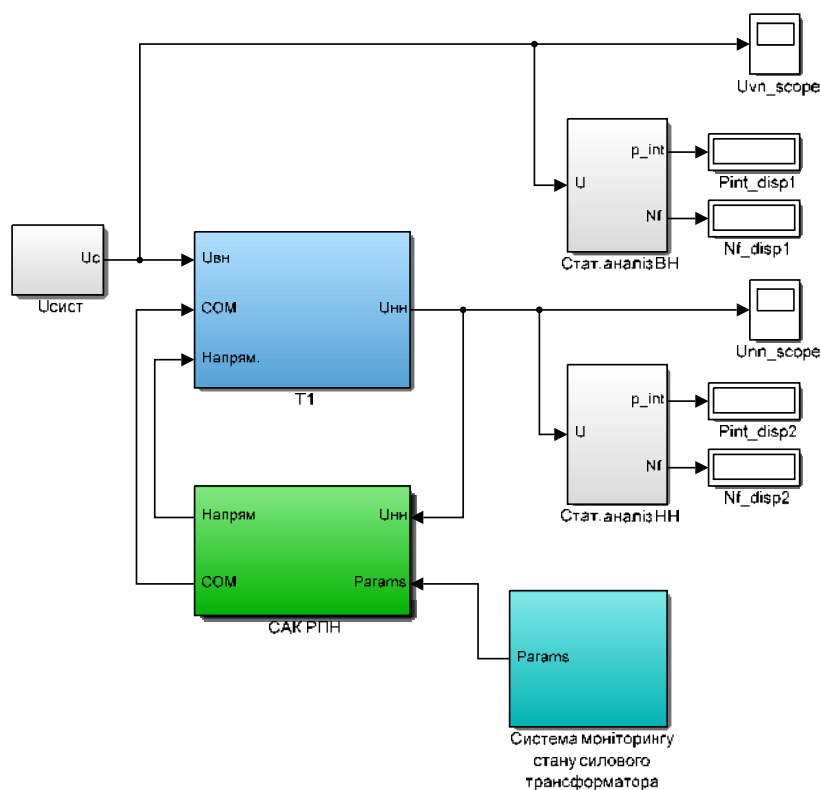


Рисунок 1 – Узагальнена комп’ютерна імітаційна модель нечіткої системи автоматичного регулювання напруги в РЕМ.

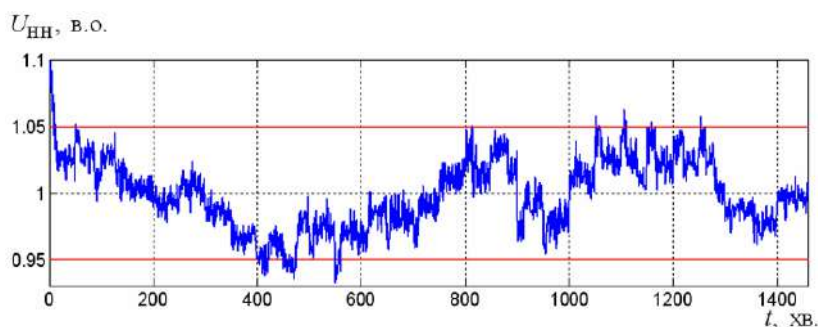


Рисунок 2 – Графік зміни діючого значення напруги (в.о.) на стороні НН силового трансформатора для розробленої САК

Як видно з результатів комп’ютерного моделювання, при застосуванні як базової САК, так розробленої в роботі нечіткої САК пристроєм РПН силового трансформатора, значення усталеного відхилення напруги задовольняють вимогам ГОСТ 13109-97 відносно даного показника якості. Але, у випадку застосування САК із адаптивним нечітким визначенням величини затримки часу спрацювання кількість спрацювань «зношеного» пристрою РПН виявилась на 19,4 % меншою, що безперечно, є її суттєвою перевагою. Даний ефект забезпечується, перш за все, за рахунок введення адаптивної затримки часу спрацювання, яка залежить від стану зношеності пристрою РПН силового трансформатора.

## Список літератури

1. Левицький, С. М. Система автоматичного керування трансформатором з інтелектуальним регулятором напруги : монографія / С. М. Левицький, К. І. Колмачов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 72 с.
2. Грабко В.В. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. Монографія /В. В. Грабко – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. —109 с.

**Олександр Коптєв**, ст. гр. ЕЕ-21М, **Лариса Віхрова**, проф., канд. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кіровоградський, Україна  
e-mail: vihrovalg@ukr.net

## Нечітка система керування генерацією активної потужності в розподільних електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії

Одним із шляхів підвищення рівня генерації електроенергії від установок з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ), що працюють в складі комбінованої електроенергетичної системи (КЕЕС) при прийнятному погіршенні якості електроенергії, є удосконалення їх систем автоматичного керування (САК).

Як показано в роботі [1], задачу одночасної максимізації рівня генерації електроенергії установок з ВДЕ та мінімізації збитків від понаднормових значень усталеного відхилення напруги найбільш доцільно інтерпретувати як задачу багатокритеріальної оптимізації [1, 2].

В роботі [1] зазначається, що значення вагових коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$  є постійними і обираються в процесі експлуатації в залежності від потужності установок з ВДЕ та кількісного і якісного складу навантаження. Проте, можливо, такий підхід до вибору вагових коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$  не є найбільш доцільним, так як не враховує зміну кількісного та якісного складу навантаження. До того ж, вираз визначення економічних збитків від понаднормових значень усталеного відхилення напруги на затискачах електроспоживачів справедливий лише для випадку, за якого найбільшу питому частку навантаження складають асинхронні двигуни. Якщо ж до складу навантаження входять потужні споживачі інших видів, виникають складнощі при визначенні постійних коефіцієнтів  $a_1$ ,  $a_2$  та поточного значення збитків.

Перспективним видається підхід, за якого значення вагових коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$  визначалися б в режимі реального часу в залежності від кількісного та якісного складу електрообладнання.

Зважаючи на досить велику кількість факторів, що впливають на значення даних вагових коефіцієнтів, побудова традиційної математичної моделі, яка б з достатнім рівнем точності описувала їх взаємозв'язок із значеннями якісного і кількісного складу електрообладнання, є практично неможливою. Тому для вирішення даної задачі, найбільш доцільним є підхід з використанням математичного апарату нечіткої логіки [3].

Для побудови такої нечіткої моделі, перш за все, необхідно визначити величини, що найбільш суттєво впливають на значення вагових коефіцієнтів  $k_1$  та  $k_2$ . При цьому, виходячи із виразу (2), можливо обмежитись знаходженням значення лише одного вагового коефіцієнту (наприклад,  $k_2$ ).

Вхідними параметрами нечіткої моделі слугують: коефіцієнт завантаження  $k_z$  споживачів електричної енергії, який дозволяє враховувати частку споживачів електричної енергії, які в даний час підключені до електричної мережі; коефіцієнт важливості навантаження  $k_{\text{imp}}$ , що враховує чутливість обладнання споживачів електричної енергії до понаднормових значень усталеного відхилення напруги.

Вихідним параметром нечіткої моделі є ваговий коефіцієнт  $k_2$ , який враховує відносну важливість критерію  $Q_2$  задачі оптимізації. В табл. 1 наведено параметри нечіткої моделі, а також діапазони зміни їх значення.

Таблиця 1 – Значення вхідних та вихідних параметрів нечіткої моделі.

| № з/п                           | Параметр  | Назва параметру                    | Діапазон | Терми                                                                        |
|---------------------------------|-----------|------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Вхідні параметри моделі</i>  |           |                                    |          |                                                                              |
| 1                               | $k_z$     | Коефіцієнт завантаження            | 0...1    | дуже низький (VL), низький (L), середній (M), високий (H), дуже високий (VH) |
| 2                               | $k_{imp}$ | Коефіцієнт важливості навантаження | 0...1    | низька (L), середня (M), висока (H)                                          |
| <i>Вихідний параметр моделі</i> |           |                                    |          |                                                                              |
| 1                               | $k_2$     | Ваговий коефіцієнт $k_2$           | 0...1    | дуже низький (VL), низький (L), середній (M), високий (H), дуже високий (VH) |

Таблиця 2 – Нечітка база знань моделі визначення вагового коефіцієнту  $k_2$ 

| № з/п          |           | 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----------------|-----------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| Вхідні змінні  | $k_z$     | VL | VL | VL | L | L | L | M | M | M | H  | H  | H  | VH | VH | VH |
|                | $k_{imp}$ | L  | M  | H  | L | M | H | L | M | H | L  | M  | H  | L  | M  | H  |
| Вихідна змінна | $k_2$     | VL | VL | L  | L | L | M | M | M | H | H  | H  | VH | H  | VH | VH |

Для вирішення поставленої задачі в якості нечіткого алгоритму було обрано алгоритм Мамдані. Такий вибір обумовлено тим, що даний алгоритм є найбільш простим для програмування, а також відрізняється простотою і наочністю всіх його складових.

Для вирішення поставленої задачі в якості нечіткого алгоритму було обрано алгоритм Мамдані. Такий вибір обумовлено тим, що даний алгоритм є найбільш простим для програмування, а також відрізняється простотою і наочністю всіх його складових.

При розробці нечіткої моделі використано функції приналежності двох видів: трикутні і трапецієподібні. На основі розробленої експертної бази знань, а також обраних типів функцій належності, було складено нечіткі логічні рівняння, які мають наступний вигляд:

$$\mu^{VL}(k_2) = (\mu^{VL}(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee (\mu^{VL}(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})). \quad (1)$$

$$\mu^L(k_2) = (\mu^{VL}(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^L(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee (\mu^L(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})). \quad (2)$$

$$\mu^M(k_2) = (\mu^L(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^M(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee (\mu^M(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})). \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \mu^H(k_2) = & (\mu^M(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^H(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee \\ & \vee (\mu^H(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})) \vee (\mu^{VH}(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\mu^{VH}(k_2) = (\mu^H(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^{VH}(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})) \vee (\mu^{VH}(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})). \quad (5)$$

Результати проведеного моделювання показали, що для дефазифікації вихідного параметру найдоцільніше скористатись методом визначення центру ваги (центроїдним методом).

## Список літератури

1. Плешков П.Г. Оптимальне керування режимом роботи комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / П.Г. Плешков, Н.Ю. Гарасьова, В.П. Солдатенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – №32 (1308). – С. 64–70 DOI: 10.1109/TIE.2006.881997
2. Plieskov P. H. / Automatic control of electrical distribution network mode with the voltage unbalance/ P. h. Plieskov, V. V. Zinzura, S. P. Plieskov // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2019. – Vol. 3. – P. 83–91; DOI: 10.29202/nvngu/2019-3/10
3. Грабко В.В. Визначення коефіцієнта впливу трансформатора нижнього рівня в задачі регулювання напруги за допомогою трансформатора з пристроєм регулювання під навантаженням / В.В. Грабко, І. В. Бальзан // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2012. Вип. 3/2012 (19). – С. 508–511.

Денис Касьяненко, ст. гр. ЕЕ-21М, Олександр Гуртовий, ст. гр. ЕЕ-21МЗ, Василь Зінзура, доц., канд. техн. наук  
 Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
 e-mail: vasilyzinzura@gmail.com

## Система автоматичного керування рівнем показників якості електроенергії в розподільних електричних мережах

Сучасний етап розвитку світової електроенергетики характеризується значною актуалізацією проблеми економічності роботи розподільних електричних мереж (РЕМ). Однією з головних причин зниження ефективності та економічності роботи РЕМ є погіршення якості електричної енергії. Особливо гостро ця проблема стосується РЕМ номінальною напругою 10 кВ, до яких приєднуються потужні несиметричні електроспоживачі (дугові сталеплавильні печі, індукційні печі та ін.). В цих РЕМ, як правило, виникають понаднормово завищені значення усталеного відхилення напруги та коефіцієнту несиметрії напруг по зворотній послідовності, що негативно впливає на роботу електроприймачів [1].

В роботах [2, 3] запропоновано САК режимом роботи симетро-компенсувальними пристроями в РЕМ номінальною напругою 0,4 кВ [2] та 10 кВ [4]. Розроблені в даних роботах САК базуються на розв'язках задачі багатокритеріальної оптимізації. Застосування зазначених САК дозволяє досягти одночасного зниження рівнів усталеного відхилення напруги, несиметрії напруг та коефіцієнту реактивної потужності в РЕМ. Проте, основним недоліком цих САК є те, що вони не в повній мірі враховують здатність симетро-компенсуючих пристроїв до зниження рівня негативного впливу, спричиненого усталеним відхиленням та несиметрією напруг. Зважаючи на це, виникає необхідність у проведенні подальших наукових досліджень з даного питання.

Як відомо, негативний вплив на роботу РЕМ, спричинений понаднормовими значеннями  $\Delta U_1$  та  $k_{2U}$  не є рівнозначним, і може суттєво відрізнитись в залежності від якісного та кількісного складу електричного навантаження. Тому перспективним видається підхід, за якого в якості критеріальних функцій виступали б залежності, що оцінюють негативний вплив відхилення та несиметрії напруг на роботу РЕМ. Постановка задачі багатокритеріальної оптимізації, яка реалізує такий підхід, має наступний вигляд:

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\varphi(\mathbf{X}) = \frac{Q_s(\mathbf{X})}{P_s(\mathbf{X})} \rightarrow \min; \\ L_{\Delta U}(\mathbf{X}) = a_1 [\Delta U_1(\mathbf{X}) + a_2]^2 \frac{S_l}{S_{l\max}} \rightarrow \min; \\ L_{k_{2U}}(\mathbf{X}) = c_0 \sum_{j=1}^m k_j k_{2U}^2(\mathbf{X}) \rightarrow \min; \\ \mathbf{X} \in \Omega, \end{cases} \quad (1)$$

де  $L_{\Delta U}$  – показник, що оцінює негативний вплив, спричинений усталеним відхиленням напруги  $\Delta U_1$ ;  $a_1$ ,  $a_2$  – постійні коефіцієнти, що залежать від якісного складу електричного навантаження;  $S_l$  – поточне значення повної потужності електричного навантаження;  $S_{l\max}$  – максимальне значення повної потужності електричного навантаження;  $L_{k_{2U}}$  – показник, що оцінює негативний вплив, спричинений несиметрією напруг;  $c_0$  – діючий тариф на електричну енергію;  $k_j$  – коефіцієнт додаткових втрат активної потужності від несиметрії

напруг для  $j$ -ї групи однорідних елементів системи електропостачання;  $m$  – кількість груп однорідних елементів системи електропостачання.

Результати порівняльного комп'ютерного моделювання для випадку розробленої і базової САК параметрами режиму наведені на рис. 1.

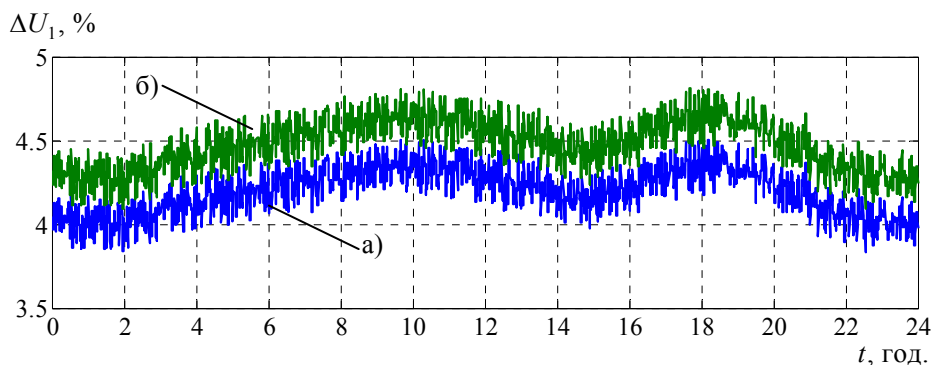


Рисунок 1 – Графіки зміни  $\Delta U_1$ : а – базова САК; б – розроблена САК.

Статистична обробка результатів моделювання показала, що значення інтегральної ймовірності потрапляння в нормально допустимі межі  $\Delta U_1$  та  $k_{2U}$  як для базової САК, так і для запропонованої в роботі САК, задовольняють діючим нормативним вимогам. Але при застосуванні розробленої САК математичне очікування значення усталеного відхилення напруги  $M[\Delta U_1]$  виявилось на 6,9 % більшим в порівнянні з базовою САК, а математичне очікування значення коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності  $M[k_{2U}]$  – на 9,6 % меншим. Такі результати обумовлені вибором в якості критеріальних функцій задачі (2) залежностей, що описують негативний вплив усталеного відхилення  $\Delta U_1$  та коефіцієнту несиметрії напруг по зворотній послідовності  $k_{2U}$  на роботу РЕМ, який в загальному випадку не є рівнозначним для кожного із зазначених ПЯЕ.

### Список літератури

1. Plieshkov P. H. / Automatic control of electrical distribution network mode with the voltage unbalance/ P. H. Plieshkov, V. V. Zinzura, S. P. Plieshkov // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. - 2019. - Vol. 3. - P. 83-91; DOI: 10.29202/nvngu/2019-3/10
2. Тарануха М. С. Оптимальне керування режимами реактивного навантаження за умов несиметрії напруг розподільчих електричних мереж / М.С. Тарануха, Р.В. Телюта, В. В. Зінзура // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. - 2015. - № 42. - С. 62-66. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/19801>
3. Зінзура В.В. Методи розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричних мережах // *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація* - Кіровоград: КНТУ - 2012. - Вип. 25. Ч.1 - С. 350-360. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/1388>

**Артем Саченко**, асп., **Сергій Плешков**, доц., канд. техн. наук, **Василь Зінзура**, доц., канд. техн. наук,  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: *artem.sachenko.97@gmail.com*

## Задача керування режимами розподільних електричних мереж з сонячними електростанціями при несиметричному навантаженні

В процесі проектування та експлуатації розподільних електричних мереж (РЕМ), велика увага приділяється якості електричної енергії, зокрема, відповідності її показників нормованим значенням. Суттєвий негативний вплив на функціонування елементів РЕМ (в тому числі і на електроспоживачів), чинить збільшення рівнів усталеного відхилення та несиметрії напруг понад нормативні значення.

Існуючі РЕМ напругою 10–35 кВ проектувалися за умови централізованого електропостачання, відповідно, з використанням схемних рішень, які б задовольняли вимоги надійності та якості електропостачання споживачів. Проте, впровадження додаткової генерації на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), призвела до появи ряду проблем, які виникають при паралельній роботі з цими мережами.

На сьогоднішній день сонячна енергетика в Україні розвивається найшвидшими темпами. Так, встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) станом на кінець I півріччя 2021 року, становила 6 351 МВт. Що, майже на 14% більше ніж в 2020 році [1].

Інтеграція СЕС в електричні мережі пов'язане з рядом особливостей роботи цих мереж. Так, при умові низького навантаження та високого рівня генерації активної потужності, в точці приєднання СЕС до шин РЕМ може відбуватись підвищення рівня усталеного відхилення напруги понад нормативне значення. Окрім цього, на підвищення напруги може впливати також рівень короткого замикання системи та коефіцієнт співвідношення  $X/R$  (індуктивного опору до активного) в точці приєднання СЕС до мережі [2].

Основним пристроєм, який дозволяє підключати СЕС на паралельну роботу з мережею, є інвертор. Звичайні інвертори СЕС призначені для перетворення постійного струму від джерела енергії в змінний струм мережі при коефіцієнті потужності близькому до одиниці. Тобто обмін реактивною потужністю не передбачається.

Однак, силова електроніка дозволяє реалізувати додаткові можливості даних інверторів, зокрема, можливість керування відхиленням напруги в точці їх приєднання, керування реактивною потужністю та навіть змінювати рівні несиметрії напруг. Такі інвертори отримали назву «розумні інвертори» або «вдосконалені інвертори» [2,3].

Слід зазначити, що конструктивна особливість трифазних інверторів (кожен вивід працює як однофазний інвертор) дає змогу керувати його вихідними параметрами пофазно, за рахунок відповідної системи автоматичного керування (САК) [4].

Таким чином, задача удосконалення САК, реалізація яких дозволить врахувати багатофункціональний вплив сонячних інверторів на параметри режиму РЕМ, що містять СЕС, є досить актуальною.

Узагальнена структурна схема РЕМ з СЕС зображена на рис. 1.

Для даної схеми можна виділити два характерних режими роботи:

1. Режим споживання електричної енергії. За умови перевищення повної потужності навантаження над повною потужністю генерації СЕС  $S_n > S_{\text{ген}}$ , відбувається перетік потужності  $S_{\text{ген}} - S_n < 0$ . Це нормальний режим роботи РЕМ.

2. Режим генерації електричної енергії. За умови перевищення повної потужності генерації СЕС над повною потужністю навантаження  $S_{\text{ген}} > S_{\text{н}}$ , відбувається зворотній перетік потужності  $S_{\text{ген}} - S_{\text{н}} > 0$ . Так при великому значенні потужності  $S_{\text{ген}}$ , може зростати відхилення напруги в точці приєднання СЕС до мережі.

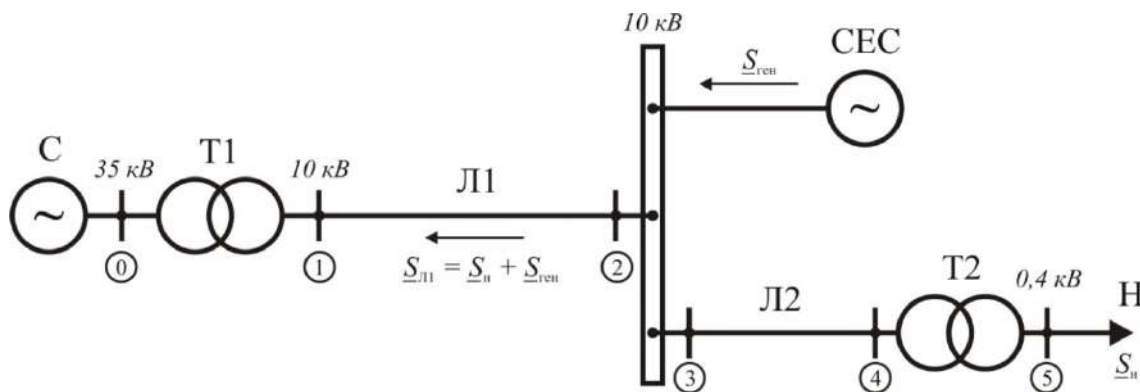


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема РЕМ з СЕС.

На рис. 1: С – енергосистема (ділянка районної електричної мережі, від якої живиться РЕМ); Т1 – знижувальний силовий трансформатор 35/10 кВ; Л1, Л2 – лінії електропередачі номінальною напругою 10 кВ; СЕС – сонячна електростанція; Т2 – знижувальний силовий трансформатор 10/0,4 кВ; Н – узагальнене електричне навантаження електроспоживачів.  $S_{\text{ген}} = P_{\text{ген}} + jQ_{\text{ген}}$  – повна електрична потужність генерації СЕС;  $P_{\text{ген}}$ ,  $Q_{\text{ген}}$  – активна та реактивна потужність генерації СЕС;  $S_{\text{н}} = P_{\text{н}} + jQ_{\text{н}}$  – повна електрична потужність навантаження;  $P_{\text{н}}$ ,  $Q_{\text{н}}$  – активна та реактивна потужність навантаження;  $S_{\text{Л1}} = S_{\text{ген}} + S_{\text{н}} = P_{\text{Л1}} + jQ_{\text{Л1}}$  – повна електрична потужність, що протікає по лінії Л1;  $P_{\text{Л1}}$ ,  $Q_{\text{Л1}}$  – активна та реактивна потужність, що протікає по лінії Л1.

Слід зазначити, що значення активної  $P_{\text{ген}}$  та реактивної  $Q_{\text{ген}}$  потужностей генерації СЕС в розрахунках береться зі знаком «–».

З точки зору впливу СЕС на параметри РЕМ, режим генерації є більш цікавим для дослідження. Для забезпечення допустимих рівнів відхилення та несиметрії напруги, потрібно здійснювати пофазне керування потужністю генерації СЕС, зокрема, і режимом реактивної потужності.

Так, мінімально можлива величина генерації/споживання реактивної потужності інвертора СЕС визначається різними стандартами по різному. Стандартом IEEE Standard 1547-2018 визначено її на рівні 44% від повної номінальної потужності інвертора (рис. 2).

Враховуючи вищесказане, задачу автоматичного керування параметрами РЕМ з СЕС доцільно інтерпретувати як задачу багатокритеріальної оптимізації. Для РЕМ номінальною напругою 10 кВ будуть мати місце наступні критерії оптимізації, які потрібно мінімізувати:

1.  $-P_{\Sigma \text{ген}}(S_{\text{ген}})$  – сумарна активна потужність генерації, взята зі знаком «мінус»;
2.  $|\text{tg } \varphi(S_{\text{ген}})|$  – коефіцієнт реактивної потужності в режимі генерації;
3.  $|\Delta U_1(S_{\text{ген}})|$  – різниця значень модуля комплексу напруги прямої послідовності  $\underline{U}_1$  та номінальної напруги РЕМ  $U_{\text{ном}}$ ;
4.  $U_2(S_{\text{ген}})$  – значення модуля комплексу напруги зворотної послідовності.

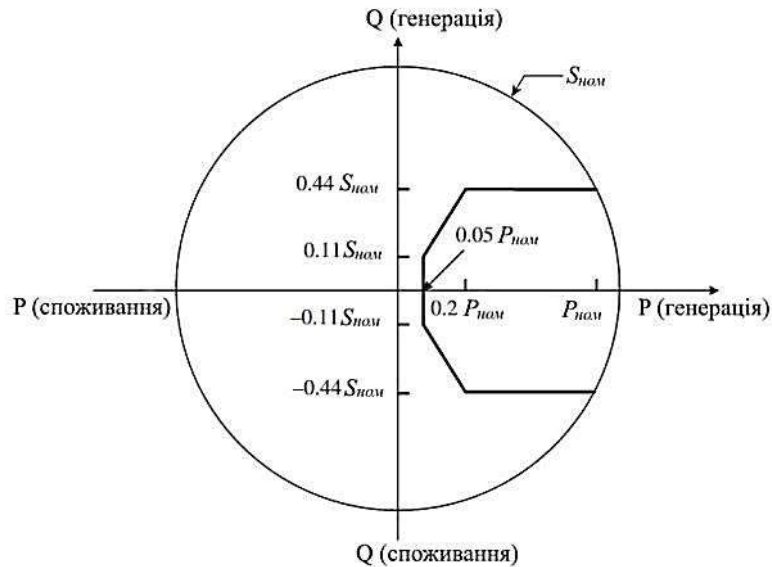


Рисунок 2 – Мінімальне значення генерації/споживання реактивної потужності інвертором СЕС згідно з IEEE Standard 1547-2018.

де  $\underline{S}_{\text{ген}} = (\underline{S}_{\text{ген}A}, \underline{S}_{\text{ген}B}, \underline{S}_{\text{ген}C})$  – вектор фазних потужностей генерації СЕС (вектор керування);

$\underline{S}_{\text{ген}i} = P_{\text{ген}i} + jQ_{\text{ген}i}$ ,  $i = A, B, C$  – комплекс повної потужності генерації СЕС для  $i$ -ї фази;

$\Omega \in \mathbb{R}^3 \mid \underline{S}_{\text{ген}i}^{\min} \leq \underline{S}_{\text{ген}i} \leq \underline{S}_{\text{ген}i}^{\max}$ ,  $i = A, B, C$  – область допустимих значень вектора керування  $\underline{S}_{\text{ген}}$ ;

$\underline{S}_{\text{ген}i}^{\min}$ ,  $\underline{S}_{\text{ген}i}^{\max}$ ,  $i = A, B, C$  – мінімально та максимально допустимі значення вектора керування  $\underline{S}_{\text{ген}}$ ;

Поставлена задача багатокритеріальної оптимізації найкращим чином вирішується методом наближення до ідеальної точки в просторі критеріїв [5].

## Список літератури

1. Статистика розвитку відновлюваної електроенергетики на кінець I півріччя 2021 року | Кабінет Міністрів України
2. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В., Бандура І.О. Фотоелектричні станції як засіб регулювання перетоків реактивної потужності в електричній системі. Наукові нотатки : міжвуз. зб. (за галузями знань "Технічні науки"). 2019. Вип. 65. С. 137-141. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn\\_2019\\_65\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2019_65_22) (дата звернення: 23.10.2022).
3. Varma, R. Smart Solar PV Inverters with Advanced Grid Support Functionalities (1st ed.). – Wiley, 2021 – P.508. DOI: <https://www.perlego.com/book/3118778/smart-solar-pv-inverters-with-advanced-grid-support-functionalities-pdf>
4. Keyhani, Ali .Integration of green and renewable energy in electric power systems. – Wiley, 2010 – P.327. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470556771> ;
5. Солдатенко В. П. Автоматичне керування режимами роботи комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / В. П. Солдатенко, С. П. Плешков // Вісник Харківського політехнічного інституту. Технічні науки. – 2017. – №. 32.

**Руслан Телюта**, доц., канд. техн. наук, **Денис Лехенко**, ст. гр. ЕНМ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

*e-mail: teliutary@gmail.com*

**Анна Телюта** викл.

*Кропивницький аграрний фаховий коледж, Кропивницький, Україна*

*e-mail: annateliuta@gmail.com*

## Енергоефективне використання електротепло- акумуляційної системи опалення

Сучасний стан застосування електричної енергії для теплопостачання перебуває у фазі швидкого розвитку. Існує широкий спектр засобів електроопалення, кожен із видів опалення характеризується комплексом технічних, економічних показників, споживчих характеристик. Електроопалення не є найбільш витратним видом опалення, а з врахуванням високих споживчих дозволить організувати системне впровадження індивідуального поквартирного теплозабезпечення.

Одним із основних напрямків застосування електричної енергії для теплопостачання в Україні можна вважати електротеплоакумуляційний електрообігрів. Розвиток електро-теплоакумуляційного обігріву дозволяє зменшити витрати на запуски та зупинки маневрових енергоблоків, тобто підвищити коефіцієнти використання електрогенеруючих потужностей та ущільнити графік навантаження ОЕС. Існуюча система генеруючих потужностей ОЕС України з точки зору забезпечення ефективного регулювання потужності в енергосистемі не є оптимальною. В результаті огляду сучасного стану і структури потужностей генерації і споживання електричної енергії в ОЕС України були виявлені труднощі пов'язані із ефективним покриттям добових графіків електричних навантажень і недостатнім значенням величини доступної маневреної потужності в енергосистемі України [1].

Нестача маневрових потужностей в Україні призводить до необхідності використання великих теплових енергоблоків для регулювання добових графіків електричного навантаження, що нераціонально з точки зору як втрати експлуатаційного ресурсу блоків, так і використання первинних енергоресурсів. Аналіз графіків навантаження енергетичної системи України показує, що існують великі провали навантаження вночі, що вимагає їх заповнення з погляду економії енергоресурсів. Одним з таких способів заповнення графіка є застосування електричної енергії для електроопалення, у тому числі і шляхом акумуляції теплової енергії, отриманої з електричної.

Подальший розвиток використання нових енергоефективних способів і технічних засобів ущільнення графіків навантаження ОЕС є одним із актуальних завдань електроенергетики України. З огляду на капітальні і експлуатаційні витрати, особливості енергобалансу країни, високий рівень керованості, комфортності і екологічності, впровадження електротеплоакумуляційного обігріву техніко-економічно є обґрунтованим.

Дану систему електроопалення пропонуємо використати в якості споживача-регулятора ДНГ нічної зони. В умовах дії тарифів на електроенергію, диференційованих за часом доби, для підключення електротеплоакумуляційної системи опалення, працюючої в зоні дії нічного тарифу, в більшості випадків не потребує збільшувати під'єднану електричну потужність, а собівартості вироблення нею тепла і гарячої води будуть відносно низькими.

### Список літератури

1. Енергоощадна технологія електротеплоакумуляційного обігріву в житлово- комунальному та аграрно-промисловому комплексах України. Відповідальний редактор к. т. н. Д. Й. Розинський - К: Видавництво Купріянова О.О. - 2007. - 272 с.

**Руслан Телюта**, доц., канд. техн. наук, **Марина Слободян**, ст. гр. ЕНМ-21М  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: [teljutarv@gmail.com](mailto:teljutarv@gmail.com)

## Можливість використання БЛА для моніторингу елементів повітряних ліній електропередачі

Повітряна лінія електропередачі (ПЛЕ) є основним пристроєм для передачі та розподілу електроенергії. Для здійснення огляду чи виявлення місця і ступеня пошкодження ПЛ необхідно провести цілий ряд організаційно-технічних заходів, а саме виписати наряд чи розпорядження, призначити відповідальну особу, забезпечити її автотранспортом, узгодити із диспетчерською службою та ін., що потребує значних часових, людських, фінансових та матеріально-технічних витрат. Як альтернатива звичайним оглядам ПЛЕ використання безпілотних літальних апаратів (БЛА). Цей напрямок досить новий та перспективний для здійснення моніторингу стану ПЛ, що має свої значні переваги та недоліки при його впровадженні. Під час огляду траси ПЛЕ, наприклад, у важкодоступних місцях, наземний огляд може тривати кілька днів, а обстеження з БЛА зменшить цей час до кількох годин [1].

В основу для застосування БЛА можна покласти проектувальні, аварійні та експлуатаційні роботи, при яких здійснюється обліт ПЛ електропередачі у будь-який час доби, за різних метеорологічних умов, з метою проведення робіт по будівництву та реконструкції ПЛЕ, здійснення онлайн моніторингу стану ліній та її елементів. БЛА дозволить більш професійніше виконувати моніторинг ПЛ замість монтера-обхідника, що оглядає через бінокль елементи ПЛ яких не видно з землі неозброєним оком. Значно спростить здійснення більш технічно складних нічних та верхових оглядів. Проведення інженерно-технічним персоналом контрольних оглядів для перевірки роботи монтерів-обхідників, оцінки стану трас ПЛ, ступінь виконання протиаварійних заходів, а також позачергових оглядів при автоматичному вимиканні лінії, лісових і степових пожежах, повені, сильних морозах і ожеледі. Моніторинг ПЛ з БЛА знімає потребу у висотних роботах, використання автотранспортних підйомників, відключення споживачів, безпосередньої взаємодії електромонтера з ПЛЕ та дає можливість огляду ліній у важкодоступній місцевості.

Використання БЛА дозволить здійснювати картографування ПЛ та її охоронної зони, створення точних географічних прив'язок та цифрових моделей місцевості [2].

Детальна зйомка та фотофіксація окремих елементів ПЛ дозволяє в найдрібніших деталях розглянути стан опори, арматуру, ізолятори, проводу та їх місця з'єднання з ізоляторами, оскільки в процесі польоту БЛА здійснює відеозйомку з сотнями зображень елементів лінії високої роздільної здатності у видимому та інфрачервоному спектрі.

Використання БЛА при огляді та експлуатації ПЛЕ дозволяє отримувати оперативну інформацію, в окремих випадках в режимі real-time, про технічний стан ПЛ, її елементів та охоронної зони при надзвичайних ситуаціях, пожежах, повені, ожеледі, автоматичного вимикання лінії, а також після обстрілів, поза зоною бойових дій. Що, у свою чергу, дозволяє філіям районних електричних мереж обленерго та магістральних мереж аналізувати стан ПЛЕ і приймати виважені та правильні управлінські рішення більш ефективно.

### Список літератури

1. Використання безпілотників для підвищення безпеки та ефективності енергетичної системи / [Є. І. Сокол, М. М. Резинкіна, О. Г. Гриб та ін.] ; під ред. Є. І. Сокола. – Х.: ФОП Бровін О. В., 2020. – 148 с.
2. Li L. The UAV intelligent inspection of transmission lines. – International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics. 2015. pp. 1542–1545. doi: 10.2991/ameii-15.2015.285

**Василь Клименко**, проф., д-р. техн. наук, **Руслан Телюта**, доц., канд. техн. наук, **Сергій Колгін**, ст. гр. ЕНМ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: klymvas@ukr.net

## Застосування когенераційної технології в системі енергопостачання свинокомплексів

Енергетична стратегія України на період до 2035 року, як базовий документ державної енергетичної політики, передбачає реалізацію серйозних системних перетворень у бік оптимізації паливно-енергетичного балансу регіонів та всебічного енергозбереження.

Одним з перспективних рішень в напрямках енергозбереження та енергоефективності є розвиток малої енергетики, зокрема, шляхом спільного вироблення електричної і теплової енергії – когенерації.

Для систем енергопостачання свинокомплексів ефективним є застосування когенераційної технології, в якій використовується біогаз. Переваги такої технології, що споживає біогаз, отриманий шляхом анаеробної ферментації відходів, визначають наступні основні чинники: висока ступінь переробки побічних продуктів тваринного походження з отриманням теплової і електричної енергії та цінних добрив; можливість реалізації виробленої електроенергії за зеленим тарифом, ефективність у вирішенні завдань, пов'язаних з екологією, висока експлуатаційна надійність [1].

Біогаз отриманий з побічних продуктів тваринного походження свинокомплексів містить метану (45-75%) і вуглекислого газу (25-55%), сліди та невеликі домішки сірководню та інших газів. Його теплота згоряння складає 21...27 МДж / м<sup>3</sup>. При переробці 1 тонни свіжих відходів свиней з вологістю 85% можна отримати 45... 60 м<sup>3</sup> біогазу. Біогаз відноситься до найбільш чистих видів палива і його можна розглядати як поновлювальне джерело енергії з нульовим викидом CO<sub>2</sub> [2].

Виконаний аналіз показав, що до найбільш значущих параметрів системи виробництва біогазу шляхом анаеробного зброджування гнойової біомаси належать: добова продуктивність реактора або його здатність пропускати кількість гною, який виходить з ферми; добовий обсяг завантаження бродильної камери; об'єм реактора біогазової установки; добовий та річний вихід біогазу залежно від хімічного складу гнойової біомаси.

Результати розрахунків енергетичного потенціалу виробництва і використання біогазу шляхом утилізації рідкого гною, виконані на прикладі свинокомплексу з поголів'ям тварин в кількості 30 тис., показали, що за добу можна отримати біогазу 7,6 тис. м<sup>3</sup>, який дозволить забезпечити електричну потужність 834 кВт і теплову потужність 884 кВт. При цьому на власні потреби необхідна електрична потужність 72 кВт, що дозволить продавати за зеленим тарифом 760 кВт. На власні потреби необхідна теплова потужність 310 кВт, а решту можна використовувати для забезпечення мікроклімату службових приміщень та в системах кондиціювання повітря з тепловикористовуючими холодильними машинами або реалізовувати зовнішнім споживачам.

З вищевикладеного можна зробити висновок про очікування високої рентабельності впровадження когенераційної технології в системі енергопостачання свинокомплексів при одночасному зменшенні негативного впливу на довкілля.

### Список літератури

1. Баадер В. Біогаз: теорія і практика. - М: Колос, 1982 - 148 с.
2. Рейнхард Шульц. Виробництво і використання біогазу в Україні / Видавець: Рада з питань біогазу з.т. / Biogasrat e.V. - Київ: 2012 р.- 74 с. <https://www.academia.edu/27950959/download-paper>

**Ірина Пташник**, ст. гр. ЕЕ-20, **Наталія Гарасьова**, доц., канд. техн. наук  
 Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
 e-mail: ngarasova@gmail.com

## Моделювання системи керування швидкістю руху конвеєрної стрічки у функції навантаження

Конвеєрний транспорт широко застосовується у промисловому виробництві, насамперед, на гірничо-збагачувальних підприємствах. Доведено, що ефективна робота конвеєрної лінії досягається шляхом введення регулювання швидкості руху стрічки залежно від навантаження [1]. Регулювання виконується таким чином, щоб отримати стабілізацію погонного навантаження конвеєра.

Для проведення моделювання скористаємося узагальненою структурною схемою системи автоматичного керування погонного навантаження конвеєрної установки на основі частотно-регульованого асинхронного електроприводу [2].

Для аналізу режимів роботи конвеєрних ліній з перетворювачем частоти, застосований метод комп'ютерного імітаційного моделювання в середовищі прикладних програм MATLAB, бібліотеки Simulink.

Моделювання було виконано для конвеєрної лінії продуктивністю 400 т/год з асинхронним двигуном потужністю 55 кВт, значення номінального погонного навантаження 69 кг/м. Розроблена структурна схема та синтезована схема моделювання системи стабілізації погонного навантаження стрічкового конвеєра (рис.1).

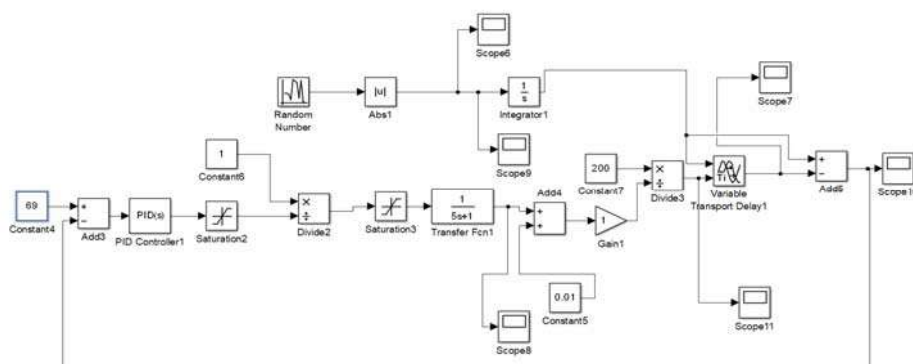


Рисунок 1 - Структурна схема для моделювання стабілізації погонного навантаження стрічкового конвеєру

Розроблений алгоритм керування продуктивністю конвеєрної установки наближає завантаження конвеєру до номінального. Такий режим роботи являється енергоефективним, підвищує термін роботи обладнання, зменшує споживання електроенергії, забезпечує оптимальну якість керування.

### Список літератури

1. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник.-К:Кондор, - 408 с.2005
2. Н.Ю.Гарасьова, А.В.Худан Моделювання частотнорегульованого електроприводу конвеєрних ліній гірничо-збагачувальних комплексів / Матеріали Всеукр. наук.-практ. інтерн. конф. «Перспективні напрямки інформаційних і комп'ютерних систем та мереж, комп'ютерно-інтегровані технології у промисловості, телекомунікаціях, енергетиці та транспорті», ЦНТУ. – Кропивницький, 13-14 листопада 2019 р.

**Іван Савеленко**, доц., канд. техн. наук, **Євгеній Мирченко**, ст. гр. ЕЕ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

**Сергій Книш** викладач

*Світловодський політехнічний фаховий коледж Центральноукраїнського національного технічного університету, Світловодськ, Україна*

*e-mail: ivan.savelenko@gmail.com*

## Дослідження енергоефективності систем освітлення з використанням джерел альтернативної енергії

Однією з проблем зовнішнього освітлення є низька енергоефективність освітлювальних приладів та рівень автоматизації систем вуличного освітлення. Вуличне освітлення є важливою соціально-технічною характеристикою інфраструктури будь-якого населеного пункту. Витрати на зовнішнє освітлення в населених пунктах становлять близько 30-50% від всіх витрат на електроенергію, із врахуванням додаткових витрат на обслуговування, що складають досить значну частку в структурі бюджету населених пунктів.

Головною задачею підвищення енергетичної ефективності у системах зовнішнього освітлення є підвищення рівня енергоефективності освітлювальних приладів та впровадження джерел альтернативної енергії. Її виконання дозволить знизити вартість витрат, а також підвищити комфорт мешканців населених пунктів [1].

Сонячні батареї є найпоширенішими альтернативними джерелами енергії, що працюють за принципом прямого перетворення сонячної енергії в електричну. Використання сонячних панелей в енергетиці має багато переваг над іншими альтернативними джерелами. Це висока надійність, низькі витрати коштів при експлуатації, модульність конструкції панелей, низькі витрати на будівництво електростанцій. Сонячні батареї в даний час є найбільш перспективними серед альтернативних джерел енергії.

Зважаючи, що сонячна енергія залежить від особливостей добового і річного руху Землі, а також від кліматичних умов, потрібно мати системи, які акумулюватимуть енергію, а також раціонально її розподілятимуть. Для попереднього накопичення електроенергії використовують акумулюючі елементи різного типу. На сьогодні інтенсивно впроваджуються Li-ion акумулюючі батареї, які мають більш широкий температурний діапазон експлуатації та менший саморозряд, ніж кислотні та лужні акумулятори. В той же час швидко розвиваються та впроваджуються емнісні накопичувачі електроенергії або іоністори.

Розв'язання проблеми. На сьогодні залишається ряд проблем, які не до кінця вирішені, а саме: аналіз енергетичної ефективності світлотехнічних установок (СУ) з автономним живленням, встановлення зв'язку між енергетичним потенціалом сонячного випромінювання та кліматичними умовами даної місцевості, раціональним акумулюванням сонячної енергії та її використання в темний час доби.

Використання автономних енергозберігаючих систем освітлення широко використовується для освітлення паркових зон з використанням світлодіодних приладів, які мають направлений світловий потік і оптичну систему для більш ефективного застосування.

Світлодіодне освітлення дозволяє підвищити ефективність СУ за рахунок економії енергоспоживання, що досягає 80 % по відношенню до світлових приладів, в яких застосовуються традиційні джерела освітлення: лампи розжарювання, ДРЛ, ДНАТ та ін.

Проведено аналіз впливу тривалості ступеня хмарності на величину густини потоку сонячного випромінювання, наприкладі, комбінованої системи живлення освітлювальних установок (ОУ), з автономним джерелом живлення.

Більшість випадків застосування даного типу побудови ОУ з автономним живленням пов'язані з невеликим споживанням потужності.

Величина сонячного потоку, яка попадає на поверхню Землі, залежить від географічних координат місцевості та її кліматичних умов. Для визначення енергії сонячного випромінювання протягом доби, було проведено статистичну обробку результатів вимірювань, яка зводилась до визначення часового розподілу густини потоку випромінювання. На рис. 1 приведені графіки розподілу густини потоку випромінювання для сонячного та хмарного дня у червні.

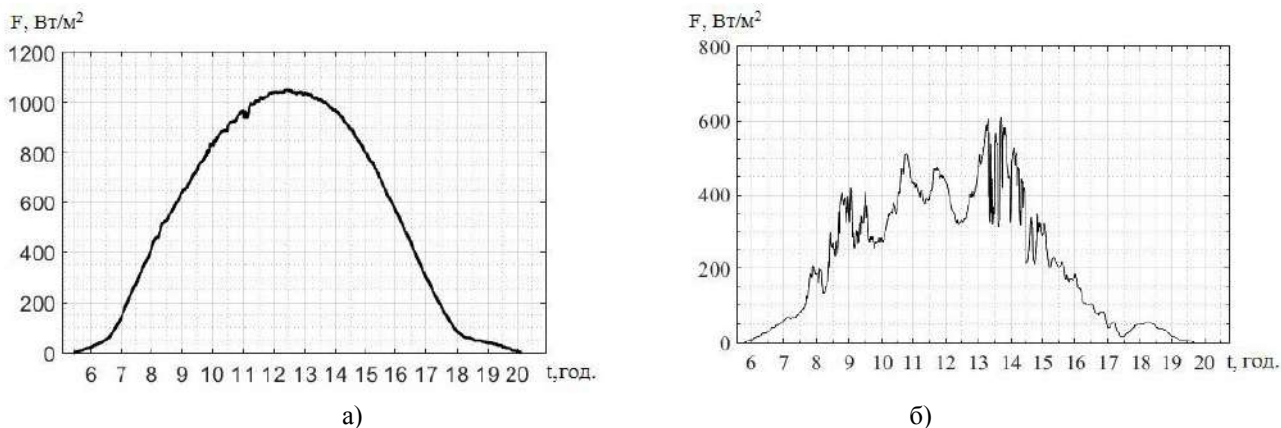


Рисунок 1 – Графік зміни густини потоку сонячного випромінювання у червні 2016 року:  
а) сонячного дня; б) хмарного дня.

Враховуючи, що тривалість сонячного випромінювання впродовж доби і кут нахилу сонця до горизонту протягом року змінюються отримано залежність середньодобової сонячної енергії від середньої протягом доби ступеня хмарності  $E_{\text{сер}} = f(N)$ .

Проведено аналіз впливу тривалості ступеня хмарності на величину густини потоку сонячного випромінювання. Встановлено аналітичний зв'язок між середньодобовою поверхневою густиною енергії сонячного випромінювання та середньодобовим ступенем хмарності  $E_{\text{сер}} = f(N)$ . Це дозволило провести розрахунок середньомісячної та середньорічної густини енергії сонячного випромінювання для міста Кропивницького, яка змінюється в межах 905-1030 кВт·год/м<sup>2</sup>.

#### Список літератури

1. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів / П. Г. Плешков, А. Ю. Орлович, С. В. Серебренніков, ін. – Кропивницький : [б. в.], 2018. – 245 с.

**Василь Клименко**, проф., д-р. техн. наук, **Іван Савеленко**, доц., канд. техн. наук, **Артем Коваленко**, ст. гр. ЕНМ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: freedomtem4ik@gmail.com*

## Аналіз ефективності роботи освітлювальних установок зовнішнього використання

Розвиток суспільства можна оцінювати не тільки за рівнем споживання та переробки природних ресурсів, рівень споживання світла є не менш характерним показником культурного розвитку країни. Освітлення в населених пунктах створює умови для комфортного існування людини, обумовлює її самопочуття та працездатність.

В країні існують проблеми в системах зовнішнього освітлення обумовлені недостатнім рівнем фінансування. Тому модернізація існуючих світлотехнічних установок проходить досить повільно. Використовуються неефективні джерела світла (ДС), що зумовлюють нераціональне використання електричної енергії та низький рівень кількісних та якісних показників освітлювальних установок.

Одним із способів підвищення енергетичної ефективності зовнішнього освітлення є заміна низькоефективних ДС на світлодіодні лампи (СДЛ) потужністю 35-100 Вт з досить високими значеннями світловіддачі (80-150 лм/Вт). Проте використання СДЛ в освітлювальних установках зовнішньої установки незважаючи на високу енергоефективність має ряд проблем, що потребують додаткових досліджень. Так наприклад, ще не повністю вирішена задача дотримання теплового режиму в освітлювальних приладах з світлодіодними лампами та поведінка даних джерел світла в умовах замкнутого середовища. Температура всередині світильника визначає надійність і довговічність його роботи.

Робота СДЛ при температурах повітря більших від оптимальної призводить до зниження світлового потоку, зменшення споживаної потужності і світлової віддачі.

Допустимі значення робочих температур елементної бази ДС знаходиться в межах 85 – 105 °С, що відповідає температури навколишнього середовища 50-60 °С.

Проведене дослідження температурного режиму світильників з СДЛ встановило, що внутрішній об'єм світильника не впливає на його внутрішню температуру через відсутність конвекційного охолодження лампи всередині світильника і низьку теплопровідність розсіювача.

Дослідження типових теплових режимів у світильниках закритого виконання показало, що температура всередині світильника коливалася в діапазоні від +51 до +68 °С, що перевищує максимальну температуру, встановлену виробниками світлодіодних ламп.

Встановлено, що зі зростанням температури всередині світильників закритого виконання потужність СДЛ знижувалася на 5-15 %, що також призводило до зниження терміну служби СДЛ на 20-40%. Таким чином, перед використанням СДЛ у старих світильниках слід перевіряти відповідність теплового режиму роботи ламп рекомендованим температурам.

### Список літератури

1. Андрійчук В.А. Аналіз енергетичної ефективності установок зовнішнього освітлення / В.А. Андрійчук, С.Ю. Поталіцин // Комунальне господарство міст. – 2015. – №1(118). – С. 7–11.

**Іван Савеленко**, доц., канд. техн. наук, **Єльвіра Атакова**, ст. гр. ЕНМ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

**Олена Стеценко** викладач

*Світловодський політехнічний фаховий коледж Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Світловодськ, Україна*

*e-mail: ivan.savelenko@gmail.com*

## Оцінка енергоефективності світлодіодних ламп

Активний розвиток напівпровідникових джерел світла в світлотехніці створив умови для конкурентної боротьби світлодіодних ламп (СДЛ) з традиційними джерелами світла – лампами розжарювання (ЛР) та розрядними лампи (РЛ), що масово використовуються в системах електричного освітлення.

Перевага СДЛ, завдяки високій світловіддачі та тривалому терміну служби, витіснили ЛР та РЛ із більшості сфер використання освітлювальних приладів [1]. На сучасному етапі електричне освітлення використовує більше 15 % від загального виробництва електроенергії світу, які умовно можна поділити між чотирьома основними групами споживачів (рис. 1):

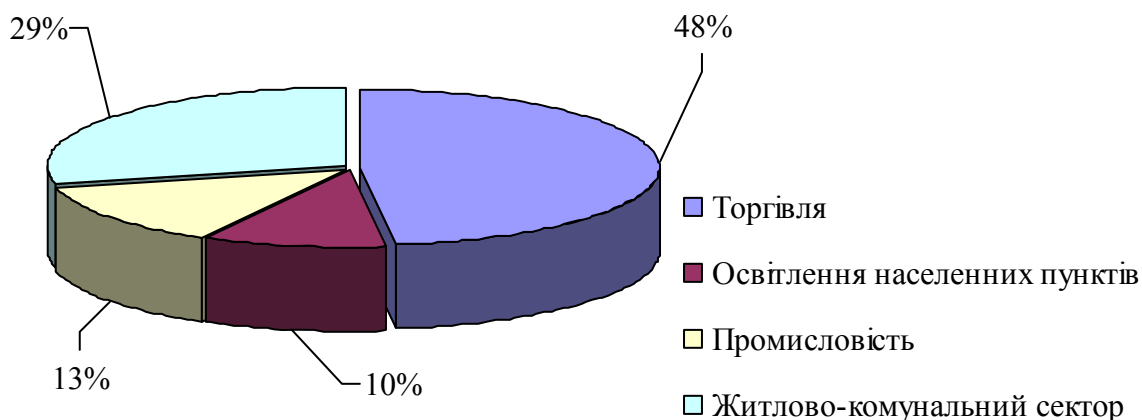


Рисунок 1 – Споживання електроенергії в системах освітлення групами споживачів.

Низка ефективність систем штучного освітлення в нашій країні обумовлена експлуатацією значної кількості низькоефективних ламп, низьким рівнем автоматизації систем освітлення, відсутністю сучасних методик щодо енергоефективного використання ламп в залежності від їх призначення. Оцінку ефективності систем освітлення з різним джерелами світла можна зробити, використовуючи різні методики, наприклад, визначити: термін окупності; вартість світлової енергії, яка генерується даним джерелом світла; питомі річні витрати на освітлення.

Рациональне використання електроенергії в системах освітлення може бути забезпечено, в основному, за рахунок підвищення енергетичних характеристик існуючих джерел світла (ДС). Найпоширенішим показником енергоефективності освітлювальних установок (ОУ) є світлова віддача (лм/Вт). Її значення знаходяться в межах від 20 лм/Вт для ламп розжарювання та до 180 лм/Вт для світлодіодних ламп [2].

Для підвищення енергоефективності освітлювальних установок в першу чергу потрібно впроваджувати висоефективні джерела світла, до яких відносяться СДЛ та ДНаТ.

Світлова віддача реально відображає енергоефективність лише ламп розжарювання, світлодіодних ламп і КЛЛ. У розрядних лампах вона нижче, що обумовлено необхідністю прискорювальних апаратури, які виникають додаткові втрати потужності.

На початку 2000 років введений ще один параметр енергоефективності: витрати електроенергії в розрахунку на один м<sup>2</sup> освітлювальної площі.

Для визначення реального потенціалу енергозбереження запропоновано одночасно оцінювати кількість споживаної електроенергії різними типами ОУ і кількість світлової енергії, яку вони генерують протягом року.

При оцінці енергоефективності ДС з точки зору вартості одиниці світлового потоку з'ясувалося, що СДЛ за цим параметром є найгірші, хоча й відносяться до найвищого класу енергоефективності А та мають досить високі світлові віддачі. Найкращими за цим параметром виявилася решта ДС, в тому числі і ЛР, які за світловою віддачею і класом енергоефективності є найгіршими. Це обумовлено їх низькою вартістю і відсутністю ПРА. При оцінці енергоефективності ОУ з точки зору вартості одиниці світлової енергії, виробленої ними за середню тривалість світіння, ЛР перейшли в розряд низькоефективних, а решта – до високоефективних.

Оцінка енергоефективності за питомою вартістю одиниці світлової енергії, виробленої ОУ показала, що ЛР є найгіршими, трохи кращими є РЛ. Найкращими виявилися СДЛ.

Недоліком більшості існуючих методик визначення енергоефективності ОУ, є використання тільки світлотехнічних показників без врахування експлуатаційних та економічних витрат, які є основоположними при визначенні енергоефективності.

Безумовно, СДЛ мають кращі функціональні можливостей ніж традиційні газорозрядні лампи – регулювання світлового потоку (без зниження світлової ефективності) в межах 0-100%, регулювання кольору світла, кривих сил світла УО електричним шляхом, завдяки високій спорідненості з мікроелектронними елементами значно спрощується створення автоматизованих систем управління освітленням та ін. СДЛ мають ряд переваг у стабільності світлового потоку, часу виходу на номінальний режим, фізичних розмірах.

Аналіз якості світла від сучасних світлодіодів, які придатні для загального освітлення ще в цілому поступається якості світла ЛР та РЛ.

З вищевикладеного випливає, що на сьогоднішній день оцінка енергоефективності ОУ здійснюється в різних країнах по-різному, проте жоден із уже запропонованих підходів не є системним та науково обґрунтованим. В основному все зводиться до розгляду світлотехнічних факторів, або експлуатаційних з частковим врахуванням емоційних факторів сприйняття людиною світла. Таким чином в теперішній час навіть для джерел світла загального призначення ще так і не склалася система єдиних критеріїв для порівняння їх енергоефективності.

## Список літератури

1. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів / П. Г. Плешков, А. Ю. Орлович, С. В. Серебренніков, ін. – Кропивницький : [б. в.], 2018. – 245 с.
2. Т. С. Гуда. Аналіз переваг та недоліків використання світлодіодних та люмінесцентних ламп. URL: [oai:elar.nung.edu.ua:123456789/5243](https://oai.elar.nung.edu.ua:123456789/5243) (дата звернення: 15.10.2022)

Сергій Плєшков, доц., канд. техн. наук, Олександр Дубовий асп.

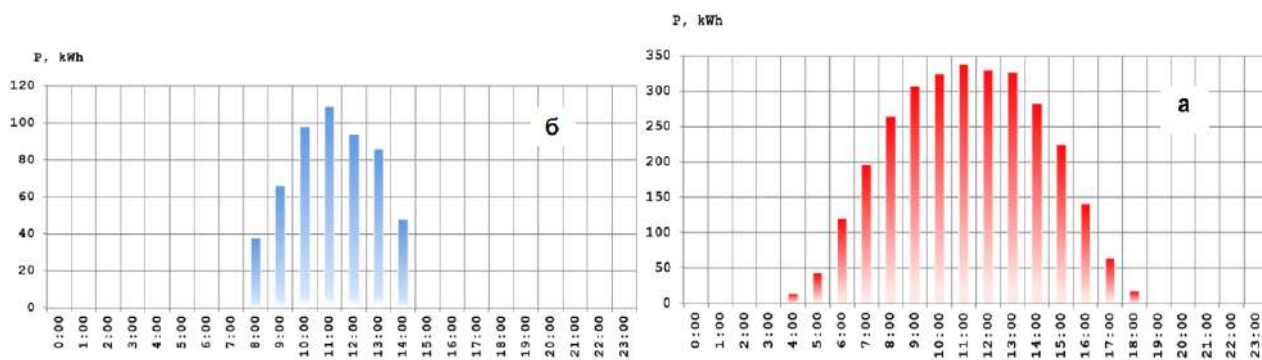
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

e-mail: kafedra.etsm@gmail.com

## Оптимізація систем електропостачання на базі сонячних фотоелектричних установок

Актуальність: сонячні фотоелектричні станції дозволяють здійснювати ефективний виробіток енергії завдяки природним, практично невичерпним можливостям світлового випромінювання, мають значний термін експлуатації. Недоліком фотоелектричних установок (СФУ) є нестабільність генерування Сонця.

Сонячна електростанція складається із сонячних панелей, інвертора, комутації та кріплення. Сонячні панелі – це зовнішня частина електростанції, вони поглинають сонячне світло. Інвертор відповідає за роботу СЕС, він перетворює постійний струм на змінний.



а - липень; б - листопад

Рисунок 1 – Різниця генерації СЕС протягом дня.

З розгортанням передових вимірювальних пристроїв стала доступна лавина нової інформації про використання згенерованої електричної енергії від сонця. Найкраще розуміння фактичних моделей енергоспоживання електроприймачів має вирішальне значення для покращення прогнозування навантаження та ефективного розгортання технологій інтелектуальних мереж для покращення управління енергоспоживання та планування електроенергетичних систем.



Рисунок 2 – Енергетичний баланс між споживанням та генерацією.

Оптимізація систем електропостачання на базі сонячних фотоелектричних установок здійснюється з використанням моделей, що містять детальний опис всіх елементів системи, зв'язків між ними і можливих режимів їх роботи. Вибір оптимальної системи здійснюється за критерієм мінімуму цільової функції, в якості якої розглядається залежність сумарних витрат на систему електропостачання від її параметрів.

Сонячне випромінювання потрапляє на сонячний модуль, сонячні панелі якого перетворюють його в електричний струм постійної напруги. Контролер регулює напругу і струм, що надходять від сонячного модуля та накопичуються в акумуляторі та подається до інвертора. Акумулятор (акумуляторна батарея) накопичує електричну енергію для забезпечення живлення навантаження за відсутності сонячного опромінення. Акумулятор може бути відсутнім у складі сонячної електростанції. Інвертор перетворює електричний струм постійної напруги в електричний струм змінної напруги, що використовується на власні потреби (живить навантаження), або надходить до електричної мережі (надлишки від власних потреб).

На відміну від традиційного агрегованого прогнозування навантаження на системному рівні, дані аналізу споживання представляють новий погляд на те, як виконується прогнозування навантаження, починаючи від короткострокового до довгострокового прогнозування навантаження на системному рівні, рівні фідера або аж до споживчого рівня.

Енергетичний баланс є основним інструментом енергетичного менеджменту та найбільш повною характеристикою енергетичного господарства підприємства. Важливе значення його полягає в тому, що він відображає достовірну кількісну відповідність між потребою та надходженням енергії на даний момент чи період часу.

$$n = (E_{сес} / E_{спож}) \cdot 100\%,$$

де  $n$  – ефективність балансового споживання;

$E_{сес}$  – генерація енергії на даний момент часу;

$E_{спож}$  – надходження енергії від мережі.

Оптимальним сценарієм при споживанні електроенергії буде тоді, коли балансує енергія отримана від СЕС досягне 80% від енергії отриманої від загальної мережі.

## Список літератури

1. Фотоенергетика : навч. посібник / Ю. П. Колонтаєвський, Д. В. Тугай, С. В. Котелевець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 160 с.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030: <http://search.ligazakon.ua>.
3. Інтернет ресурс <https://alteco.in.ua/ua/>

**Владислав Любімов**, ст. гр. ЕЕ-21М, **Дятлов Владислав**, ст. гр. ЕС-19, **Валентин Солдатенко**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
*e-mail: kirovograd41@gmail.com*

## Підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції

Ефективним шляхом переробки біологічних відходів у галузі виробництва сільськогосподарської продукції є перетворення їх на біогаз. Після очищення біогазу від вуглекислого газу отримують біометан, що являє собою аналог природного газу. Його можливо використовувати як паливний ресурс в біогазових електростанціях (БГЕ).

Аналітичний огляд показав, що конструктивно сучасні БГЕ можуть істотно відрізнятися по функціональному призначенню. Ефективність процесу продукування електроенергії в БГЕ не перевищує 40 %. Це пояснюється низькою ефективністю їх теплового циклу. Внаслідок цього виробництво лише електричної енергії з допомогою БГЕ малоефективно. Звертаючи увагу на необхідність використання теплоти в технологічному процесі генерації біогазу (підігріву субстрату в ферментаторі) досконалішим є застосування установок когенерації (УКГ) в БГЕ.

Сучасна УКГ містить тепловий двигун (ТД), генератор електричної енергії, систему утилізування теплоти, обладнання контролю і керування. Такі установки призначені для генерації електроенергії та отримання теплоти, виробленої за рахунок відводу теплоти від системи охолодження. Такий підхід дає можливість підвищити ефективність використання біогазу до 90 %. Тому, саме УКГ, як найбільш ефективні, мають найбільше поширення в якості перетворювачів хімічної енергії біогазу на енергію тепла та електрики в БГЕ.

Переважаючими типами ТД для УКГ в складі БГЕ виступають турбіна (парова або газова) або двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). Турбіни застосовуються в УКГ промислових БГЕ значної потужності ( $> 1$  МВт). Найбільшого поширення в установках когенерації БГЕ середньої/малої потужності набули ДВЗ, де відбувається перетворення хімічної енергії газу на механічну енергію обертання вала двигуна.

Перевагами використання ДВЗ в когенераційних установках є:

- порівняно висока ефективність роботи за умов низького коефіцієнта завантаження;
- мала вартість в порівнянні до інших типів двигунів;
- висока продуктивність;
- можливість забезпечення роботи в автономному режимі;
- швидкий старт з холодного стану (до 20 секунд);
- широкий діапазон ряду номінальної потужності;
- робота при малому тиску газу (до 1 бар);
- можливість зміни виду первинного палива (газ, бензин,);
- ремонтпригодність та простота обслуговування тощо.

Проте ДВЗ володіють також рядом недоліків, основними з яких можна відмітити:

- завищене значення шуму під час роботи;
- високе відношення ваги установки до потужності виходу;
- мала кількість холодних пусків.

Незважаючи на вказані недоліки, саме ДВЗ доцільно використовувати в установках когенерації БГЕ, що працюють в складі гібридних систем енергозабезпечення.

Для перетворення механічної енергії обертання валу ТД в електричну енергію в БГЕ використовуються асинхронні та синхронні генератори. Застосуванню асинхронних генераторів в БГЕ супутній ряд труднощів:

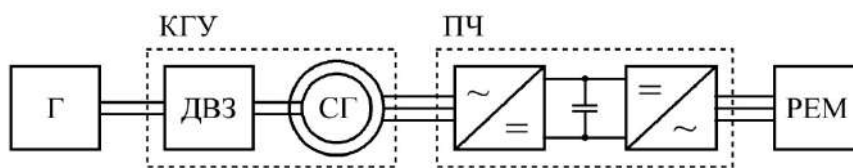
- складність регулювання рівня напруги, частоти;
- значне споживання реактивної потужності, тощо.

Тому асинхронні генератори приміняють в БГЕ малої потужності.

В сучасних УКГ що входять до складу БГЕ середньої/малої потужності в якості генераторів електричної енергії найчастіше використовують синхронні генератори (СГ) [1, 2]. Перевагами використання зв'язки «ДВЗ – СГ» в БГЕ, що входять до складу гібридної установки енергозабезпечення, є: можливість синхронізування параметрів генерованої електроенергії з відповідними параметрами електричної мережі; можливість регулювання рівня генерування електроенергії в широкому діапазоні. При цьому стабілізація частоти вихідної напруги реалізується шляхом стабілізації частоти обертання валу ДВЗ, а регуляція рівня напруги – за рахунок регулювання обмотки збудження СГ. У такому разі допускається безпосереднє приєднання СГ на паралельну роботу з електричною мережею.

Аналізування навантажувальної характеристики ДВЗ показує, що витрата палива на одиницю виробленої потужності мінімальна при частковому навантаженні двигуна. Тому в режимі роботи ДВЗ що характеризується постійною частотою обертання валу при змінному навантаженні, витрата палива не оптимальна, ефективність роботи БГЕ в цілому знижується.

Для підвищення ефективності роботи ДВЗ в режимі варіації величини навантаження потрібне регулювання частоти обертання валу. Однак при цьому змінюватиметься і частота вихідної напруги генератора. Для подолання даного недоліку варто використовувати приєднання синхронного генератора УКГ до електричної мережі через пристрій перетворення частоти. Схема такого приєднання зображена на рис. 1.



Г – генератор біогазу; ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння; СГ – синхронний генератор; УКГ – установка когенерації; ПЧ – напівпровідниковий перетворювач частоти; РЕМ – районна електрична мережа

Рисунок 1 – Схема приєднання синхронного генератора УКГ в складі БГЕ до електричної мережі через перетворювач частоти.

У розглянутих системах стабілізація частоти вихідної напруги досягається за допомогою перетворювача частоти. Зміна рівня генерування електричної потужності БГЕ в мережу виконується зміною подачі біогазу в ДВЗ з допомогою дросельного клапана. Позитивною рисою такої схеми приєднання БГЕ до мережі електроживлення є її порівняно висока ефективність. Окрім того існує можливість регулювання рівня генерування електроенергії, що особливо важливо для БГЕ, що працюють в складі гібридних систем енергозабезпечення.

## Список літератури

1. Басок Б.И. Анализ когенерационных установок. Часть 1. Классификация и основные показатели [Текст] / Б.И. Басок, Е.Т. Базеев, В.М. Диденко, Д.А. Коломейко // Пром. теплотехника. – 2006. – Т.28, №3. – С. 83 – 89.
2. Тарахтий О.С. Система автоматического управления когенерационной энергетической установкой учитывающая изменение качества топлива Автореф. дис. канд. техн. наук. – Одесса, 2015.

**Олександр Гармаш**, ст. гр. ЕЕ-21МЗ, **Володимир Одарченко**, ст. гр. ЕЕ-20-3СК, **Валентин Солдатенко**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: kirovograd41@gmail.com*

## Автоматичне керування режимом потужності в електричних мережах за умов несиметрії напруги

Застосування керованих пристроїв компенсації для управління реактивною потужністю є високоефективним засобом, що дає можливість знизити втрати активної енергії, заощадити кошти на оплату спожитої електроенергії енергопостачальній компанії з одночасним підвищенням якості електричної енергії [1, 2].

Дослідження свідчать, що в розподільних електричних мережах енергопостачальних компаній та споживачів електроенергії існує несиметрія напруг. Вона виникає унаслідок приєднання однофазних споживачів електроенергії [3]. Часто за таких умов показники несиметрії напруг [4], наближаються або і перевищують нормально допустимі та граничні величини. Останніми роками спостерігається стійка тенденція до підвищення рівня несиметрії напруг в електричних мережах [3] спричинені ростом потужності та числа однофазних електроприймачів у побуті, обмеженість оборотних коштів у енергетичних компаній та споживачів на проведення відповідних технічних заходів зі зниження рівня несиметрії тощо.

У той самий час для галузі електроенергетики в Україні на сучасному її етапі зберігався тренд до зростання долі виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Найбільшого розповсюдження набули сонячні (СЕС), вітрові електростанції (ВЕС), біогазові електростанції (БГЕ), малі гідроелектростанції (МГЕС). Їх встановлюють з метою зменшення рівня оплати за спожиту електроенергію шляхом власного її виробництва. А реалізація генерованої електроенергії за «зеленим» тарифом суттєво зменшує період окупності установок генерації електроенергії з ВДЕ.

Підключення установок з ВДЕ до загальної електромережі енергокомпаній потребує узгодження та накладення певних технічних обмежень на роботу цих установок [5]. Зокрема енергокомпаніями висуваються вимоги до режимів генерації активної та реактивної потужності, а саме їх обмеження до деякого верхнього значення потужності або коефіцієнта потужності. Це призводить до недовикористання наявної потужності установок або необхідності передбачувати засоби накопичення «надлишкової» в даний момент часу потужності в акумулюючі пристрої.

Перспективним видається підхід за якого такі установки будуть залучатися до управління режимом роботи розподільної електричної мережі задаючими командами від енергетичної компанії з метою покращення показників якості електричної енергії в розподільній мережі шляхом регулювання вихідної активної та реактивної потужності. За цих обставин у випадку необхідності обмеження рівня генерації активної потужності установки з'являється можливість довантаження її реактивною потужністю. Таким чином зростає ефективність використання установки з ВДЕ.

Розглянемо детальніше систему автоматичного керування режимом потужності в електричних мережах за умов несиметрії напруги на прикладі ВЕС. Для вітроелектричних установок малої потужності з метою отримання максимальної кількості енергії з високими показниками якості найбільш доцільно застосовувати схему приєднання синхронного генератора, яка передбачає перетворення частоти вихідної напруги. Схема містить в собі керовані випрямляч та інвертор. Призначення керованого випрямляча полягає у перетворенні

змінного струму на постійний та регулюванні електричних параметрів електрогенератора ВЕС (рівня напруги, вихідної активної та реактивної потужності) та запобіганню перенапруг. Спрощена схема керованого випрямляча ВЕС зображена на рисунку 1.

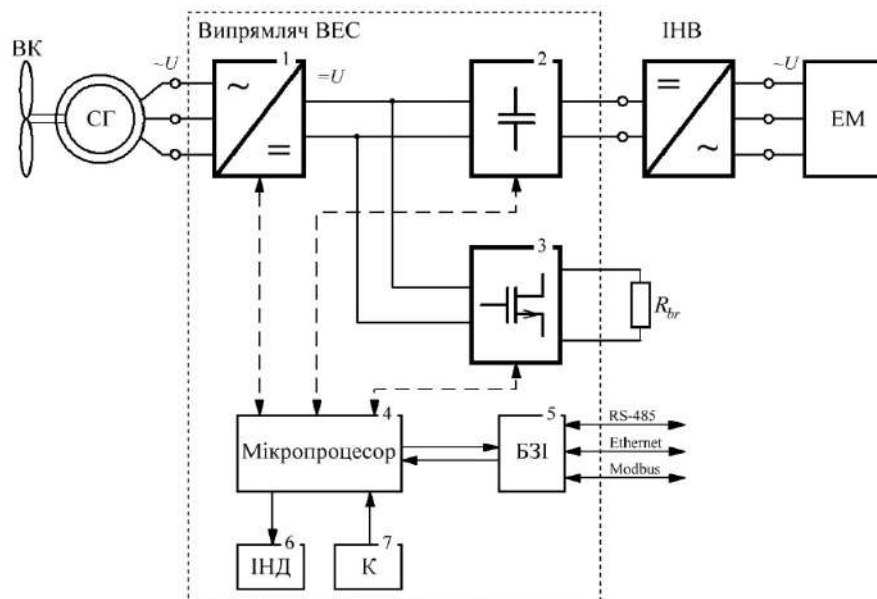


Рисунок 1 – Спрощена схема керованого випрямляча вітроелектростанції.

На рисунку 1: ВК та СГ – вітрове колесо з синхронним генератором ВЕС; ІНВ – мережевий інвертор; ЕМ – електрична мережа;  $R_{br}$  – баластний опір; 1 – випрямляч; 2 – електричний силовий фільтр; 3 – блок напівпровідникових ключів з функцією керування; 4 – мікропроцесорний пристрій що реалізує алгоритм автоматичного керування; 5 – блок інтерфейсів зовнішнього зв'язку; 6 – блок відображення інформації; 7 – клавіатура.

Наведена схема відповідно до алгоритму, покладеного в основу роботи її системи автоматичного керування, з рахунок навантажувального опору  $R_{br}$  може виконувати наступні функції:

- захисту інвертора ВЕС від перенапруги по колам постійної напруги;
- регулювання вихідної повної потужності (по активній та реактивній складових).

Це дозволяє досягти мети нормалізації усталеного відхилення напруги на затискачах споживачів електричної енергії в системі з ВЕС та зменшення рівня несиметрії напруги у випадку пофазного керування рівнем вихідної потужності інвертора.

## Список літератури

1. Жежеленко И. В. Реактивная мощность в системах электроснабжения: [учебное пособие] / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. – К. : УМК, 1989. – 108 с.
2. Железко Ю. С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах / Ю. С. Железко. – М. : Энергоатомиздат, 1981. – 200 с.
3. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. М.: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.
4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Взамен ГОСТ 13109-87; Введ. 01.01.00. – К.: Госстандарт Украины, 1999. – 31 с.
5. Plieshkov, P., Soldatenko, V., Zinzura, V., Plieshkov, S. (2020). Determining weight coefficients for an optimal system of control over electric energy generation in a combined electric power system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 103, No 1/2020. – P. 77 – 82.

**Serhii Vynohradskyi**, Master Student of group EE-21M, **Danylo Orshlett**, Student of group EE-21-3CK, **Valentyn Soldatenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*  
*e-mail: kirovograd41@gmail.com*

## Increasing the efficiency of energy supply based on a hybrid installation using a solar installation

At the current stage, the electric power industry in Ukraine is developing in the direction of an increase in the share of electricity production from renewable energy sources, as well as the introduction of competitive electric energy storage technologies, an increase in the amount of stored energy at peaks of its production and minimum consumption.

Based on the materials [1, 2], an analysis of the use of renewable energy sources in the power supply systems of Ukraine was carried out.

It was established that the following were the most popular:

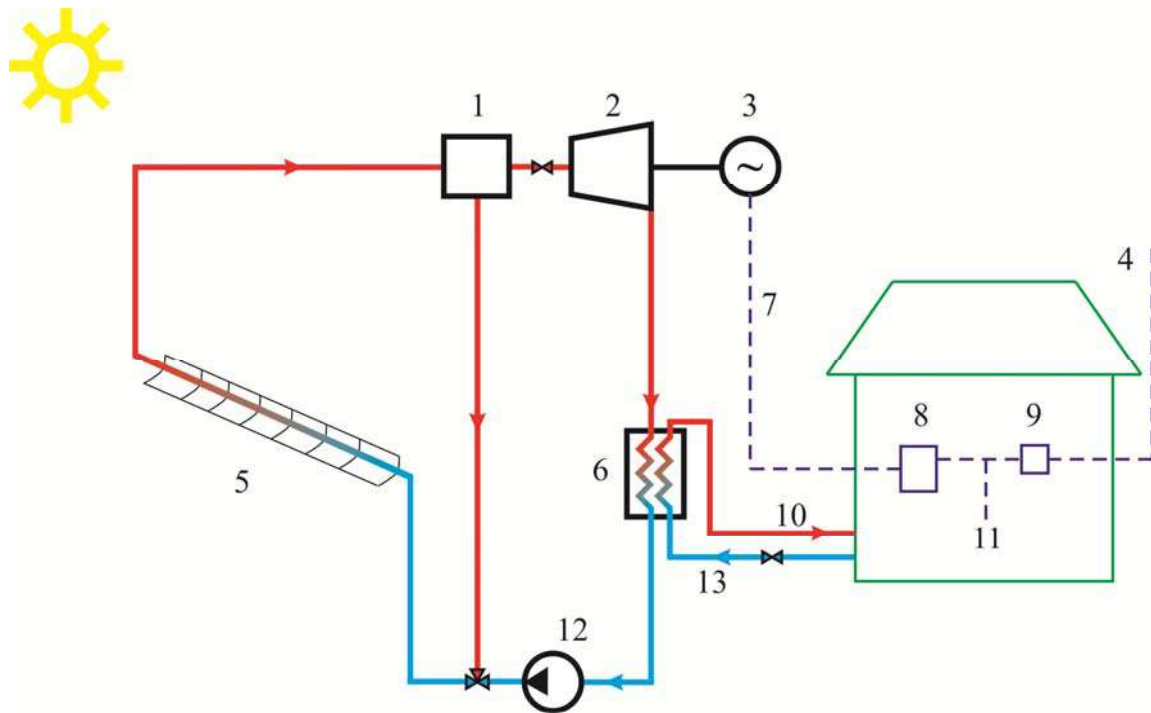
- solar power plants;
- wind power plants;
- small hydroelectric power stations;
- biogas power plants.

As can be seen from [1, 2], solar power plants are being implemented most dynamically. In the vast majority of installations for solar power plants, the technology of converting the energy of solar radiation into electrical energy is used with the help of photovoltaic panels. This is due to the significant reduction in the cost of solar PV equipment that has occurred in recent years. At the same time, more and more questions about photovoltaic technology arise from the point of view of the environmental friendliness of the production of silicon panels, their further disposal and energy efficiency in view of the service life of the equipment and the rapid degradation of photovoltaic panels.

The production of solar photovoltaic panels requires significant energy costs, which is associated with the processing of minerals (silicon, metals, polymers, etc.). The energy costs and greenhouse gas emissions that inevitably accompany the production process of photovoltaic panels will be compensated by the clean energy of the sun after only a few years of operation of solar power plants with photovoltaic panels.

In view of the above, low-power power plants operating on the technology of converting solar energy into electrical energy using solar concentrators to heat the working fluid used to drive a microturbine with an electric generator are of interest. One of the possible implementations of a low-power installation using this technology is shown in Figure 1.

The system functions as follows. Solar energy is converted into thermal energy using solar concentrators 5. The heated coolant enters the separator 1, where its liquid phase is separated. The superheated steam is fed into the microturbine 2, on the common shaft of which the synchronous electric generator 3 is fixed. The spent coolant is fed into the condenser 6 and after condensation is fed by the pump 12 back to the solar collectors. The electrical energy produced by the electric generator 3 with unstable voltage and frequency parameters is supplied to the input of the frequency converter 8 through the network 7. After conversion, the electrical energy is supplied to the consumers of electrical energy 11 or through the meter 9 to the general electrical network 4. The heat removed in the condenser is transferred to cold water from the pipeline 13 and is transferred to heat consumers through pipeline 10, where hot water circulates.



1 - separator, 2 - microturbine, 3 - electric generator, 4 - electric network, 5 - solar energy concentrators, 6 - condenser, 7 - electric generator network, 8 - frequency converter, 9 - electric energy meter, 10 - hot water pipeline, 11 – electrical consumers, 12 – pump, 13 – cold water pipeline

Figure 1 – State of development of renewable electricity in Ukraine.

As research shows [3], such systems can be competitive with photovoltaic panels as converters of electrical energy. In addition, the materials used in such systems are recyclable and create less environmental impact compared to silicon photo panels. Therefore, the development of such systems is quite promising.

In the coming years, systems that use only photovoltaic or only thermal conversion of solar energy will reach their limit characteristics. That is why new systems that use both types of conversion at the same time, as an alternative to traditional installations, are of increasing interest to developers of new technologies.

#### List of references

1. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. (SAEE). URL: <http://saee.gov.ua/uk/news/2450>
2. National Power Company Ukrenergo. URL: <https://ua.energy>.
3. Paul Koltun<sup>1</sup>, Vasyi Klymenko, Valentyn Soldatenko, Serhii Kononchuk, Ruslan Teliuta (2021) Environmental assessment of small scale solar thermal electricity generation. Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1021, International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) 18th-20th November, Kharkiv, Ukraine Citation Paul Koltun et al 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1021 012015

**Володимир Нерубацький**, доц., канд. техн. наук, **Едвін Геворкян**, проф., д-р. техн. наук, **Ганна Комарова**, доц., канд. техн. наук, **Денис Гордієнко**, асп.

*Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

*e-mail: NVP9@i.ua; D.Hordiienko@i.ua*

## Удосконалення технології отримання пінокерамічних фільтруючих матеріалів з урахуванням оцінювання енергоефективності під час використання високотемпературних печей в умовах багатоповерхового виробництва

У цей час з розвитком адитивних технологій створилася можливість зосередження виробництв у багатоповерхових виробничих кластерах. Отримання різних керамічних та металокерамічних виробів потребує застосування високотемпературних печей, що відповідно викликає споживання великої кількості електроенергії, а також спеціальних систем протипожежної безпеки та вентиляції приміщень [1]. Застосування сучасних керамічних мікро- та нанопорошків дає змогу переходити на більш енергозберігаючі технології за допомогою зниження температури спікання і скорочення технологічного циклу. Це вимагає застосування додаткових активуючих та інгібуючих добавок у вихідних порошкових сумішах для отримання виробів з необхідними фізико-механічними властивостями [2, 3].

Створення фільтрів з різних керамічних матеріалів стосовно того чи іншого середовища представляє великий практичний та науковий інтерес. Передбачається, що використання нанодисперсних та субмікронних порошків при формуванні та спіканні проникних пористих матеріалів дасть змогу знизити температуру спікання тугоплавких матеріалів, підвищити ефективність очищення, при цьому забезпечуючи високі фізико-механічні характеристики.

У більшості випадків при експлуатації пористої кераміки використовуються як їх конструкційні, так і функціональні можливості. Правильне поєднання цих властивостей, що визначається багато в чому мікроструктурою матеріалу, дає змогу отримати оптимальні експлуатаційні показники виробів [4].

Для отримання керамічних фільтрів використовували субмікронні порошки оксиду алюмінію двох фаз:  $\gamma$  і  $\alpha$ . Спікання проводилося у високотемпературних печах NaberTherm (Німеччина).

Для зіставлення енерговитратності різних технологій під час виробництва фільтруючої кераміки була прийнята така розрахункова схема. По-перше, кожен варіант термічного циклу розглядався як сукупність стадій нагріву і високотемпературної витримки (стадія охолодження разом з піччю або поза нею не розглядалася, як така, що взагалі не потребує електроенергетичного супроводу або здійснюється з відносно невеликою енергоемністю такої підтримки). Послідовність стадій відповідає неспадаючій послідовності значень температури нагріву та високотемпературної витримки, певним чином заданих регламентом технологічного процесу. По-друге, спираючись на відомі підходи, що широко використовуються в розрахунках економічної ефективності нової техніки, де розрахункові (проектні) експлуатаційні енерговитрати термічного обладнання різних застосувань, конструкцій та типорозмірів приймаються пропорційними до встановленої потужності обладнання.

Зниження енергоспоживання при випалюванні можна досягти ускладненням конструкції печей, а значить підвищенням їхньої відпускної ціни та непродуктивних експлуатаційних витрат. З погляду споживача, економічна доцільність використання такого прогресивного, але дорогого обладнання виникає за досить великих обсягів замовлень і

сталому попиту. Крім того, з використанням обладнання підвищеної складності виникають додаткові питання резервування надійності технологічних систем, що включають його, вирішення яких також пов'язане з додатковими витратами, тим більше виправданими, чим більші і стабільніші масштаби виробництва.

Дещо вищий рівень питомого споживання енергії при використанні печей з рухомим подом без додаткових верхніх пальників порівняно із звичайними тунельними печами завдяки можливості більш ефективного використання залишкового тепла певною мірою компенсується в загальній структурі енерговитрат потокового виробництва (крім того, більш продуктивного при використанні схеми обміну висувними подами при розвантаженні-навантаженні печі).

На основі виконаної дослідно-лабораторної розробки та досліджень енергозберігаючих виробничих технологій пористої проникної алюмооксидної кераміки [5, 6], що пройшла промислову перевірку як фільтри при ратифікації рідкого алюмінію, а також з урахуванням світових тенденцій удосконалення техніки та технологій аналогічного застосування, розглянуто ряд напрямків додаткового зниження енерговитрат на випуск одного виробу та підвищення продуктивності виробництва при промисловому освоєнні запропонованих технологій. Удосконалення технології спікання пінокерамічних фільтрів шляхом використання іншої оксидної альтернативи та запропонованої моделі оцінки енергоефективності виробництва дало змогу вибрати менш енергоємне обладнання та заощадити до 40 % електроенергії.

При проектуванні та прогнозуванні нових та реконструйованих керамічних виробництв рекомендується, зокрема, звертати увагу на облік конструктивних, геометричних, температурних та енергетичних особливостей і можливостей печей, що розглядаються у взаємозв'язку зі структурно-параметричними характеристиками технологічних регламентів, що освоюються. Для виконання апіорних порівняльних оцінювань енергоємності та принципових технологічних поліваріантів та технічного середовища їх можливої реалізації запропоновано розрахункову схему, яка використана при аналізі конкретних ситуацій.

Найближчу перспективу подальшого розвитку розробок керамічних фільтрів для металургії рідкого алюмінію, у тому числі на алюмооксидній основі, мабуть, слід розглядати, перш за все, як промислове освоєння виконаних дослідно-лабораторних розробок. Надалі передбачається також виконання робіт з підвищення продуктивності фільтрації на основі стохастичної оптимізації пористих керамічних структур технологічними методами, тим самим більш повне використання потенційних можливостей поодиноких обсягів проникної пористої кераміки, подальший розвиток ресурсозберігаючих тенденцій.

#### Список літератури

1. Gevorkyan E., Chmiel J., Wiśnicki B., Dzhuguryan T., Rucki M., Nerubatskyi V. Smart sustainable production management for city multifloor manufacturing clusters: An energy efficient approach to the choice of ceramic filter sintering technology. *Energies*. 2022. Vol. 15, Issue 17. 6443. DOI: 10.3390/en15176443.
2. Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Chyshkala V., Gutsalenko Y., Morozova O. Determining the influence of ultra-dispersed aluminum nitride impurities on the structure and physical-mechanical properties of tool ceramics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 6, No. 12 (114). P. 40–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.245938.
3. Krzysiak Z., Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Rucki M., Chyshkala V., Caban J., Mazur T. Peculiarities of the phase formation during electroconsolidation of  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2\text{--ZrO}_2$  powders mixtures. *Materials*. 2022. Vol. 15, Issue 17. 6073. DOI: 10.3390/ma15176073.
4. Man Y., Ding G., Xudong L., Xue K., Qu D., Xie Z. A review on porous ceramics with hierarchical pore structure by 3D printing-based combined route. *Journal of Asian Ceramic Societies*. 2021. Vol. 9 (4). P. 1377–1389. DOI: 10.1080/21870764.2021.1981571.
5. Gevorkyan E., Mamalis A., Vovk R., Semiatkowski Z., Morozow D., Nerubatskyi V., Morozova O. Special features of manufacturing cutting inserts from nanocomposite material  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiC}$ . *Journal of Instrumentation*. 2021. Vol. 16, No. 10. P10015. DOI: 10.1088/1748-0221/16/10/P10015.

**Vasyl Klymenko**, Assoc.Prof., Doctor of tech. sci, **Vadym Vorobey**, student ENM-21  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Paul Koltun**, Assoc.Prof, PhD tech. sci.  
*Victoria University, Melbourne, Australia*

**Viktor Martynenko**, engineer  
*RPC Radics LLC, Kropyvnytskyi, Ukraine*  
*e-mail: klymvas@ukr.net*

## Analysis of directions of technological application of gas hydrates

Gas hydrates (GH) are molecular complexes that are formed by the inclusion of molecules of a gas mixture in the cavity of a crystalline framework built from molecules of a hydrate former (water). GHs can form if the pressure ( $P$ ) in the system is greater than the critical one, called the dissociation pressure  $P_{dis}$  [1,2].  $P_{dis}$  depends on the composition of the gas and its temperature ( $T$ ). The dependence of  $P_{dis}$  on  $T$  for the most common gases in the mining industry is shown in Fig. 1 [1].

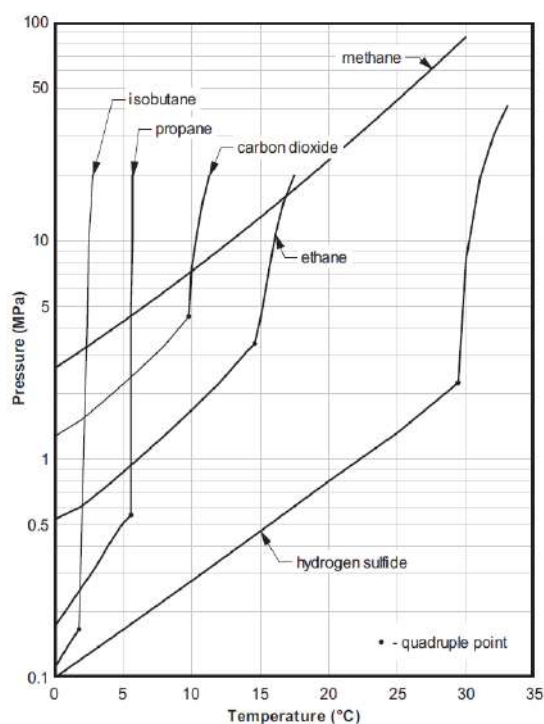


Figure 1 – Dependence of pressure on temperature for the equilibrium thermodynamic system "hydrate-forming agent-water-gas hydrate" respectively for:  $C_4H_{10}$ ,  $C_3H_8$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $C_2H_6$  i  $H_2S$

Hydrate formation processes can be energy-efficiently used in technologies of various industries [2-5]:

- *Separation of gas mixtures.* The difference in the thermodynamic conditions of the formation of hydrates by individual gases was proposed to be used for the separation and concentration of hydrocarbon gases. As a result of the formation of GH, the components are redistributed: in the gas mixture, the concentration of the component whose equilibrium pressure of hydrate formation is higher at a given temperature (or which does not form gas hydrates at all) increases, and in GH the concentration of the component whose equilibrium  $P$  of hydrate formation at the given temperature is lower increases. The method of separating gas mixture components using gas hydrates can be called gas hydrate fractionation.

- *Storage of gases and increasing their pressure.* The basis of the method of storing gases in the hydrate state is the property of gas to sharply reduce its volume when transitioning into gas hydrates. One volume of water in the hydrate contains from 70 to 300 volumes of gas in a normal state. Storage of gas in the hydrated state does not require the construction of compressor stations, high-pressure tanks, and is most effective at its relatively low equilibrium pressures, when at the same  $P$ , a unit volume in the hydrated state contains significantly more gas than the free state. When decomposing hydrates by heating to several tens of degrees in a closed volume,  $P$  gas can be increased hundreds of times. Thus, when decomposing ethane hydrate obtained at 520 kPa and 273K, and increasing  $T$  in a closed volume to 370 K,  $P$  will be 400 MPa.

- *Reducing the moisture content of gases.* At low  $T$  of the gas flow, it is possible to effectively use the process of binding moisture into a hydrate with subsequent removal of the hydrate from the flow to dry it. Dehydration of gases with the help of hydrates is carried out by countercurrent introduction into the gas flow at  $T$  hydrate formation of wet granular substances. At the same time, free water should not be present at the point of removal of hydrates from the dried gas stream. Dehydration of gases with the help of gas hydrates or volatile liquids has found application in aerology in the destruction of fogs in the  $T$  range of 265-272 K.

- *Water desalination and concentration of aqueous organic solutions.* The gas-hydrate method of desalination is similar in hardware design to freezing with a secondary refrigerant. The process consists in obtaining crystals of gas hydrates when salty water comes into contact with a hydrate-forming substance. The hydrate separated from the solution is washed from the brine and decomposes into water and gas. There are many aqueous solutions whose concentration can be increased by forming GH. Since GHTs can be formed at  $T$  higher than the freezing  $T$  of water, the gas hydrate concentration technology is more energy efficient than freezing.

- *Production and accumulation of cold.* The high heat of the phase transition during the formation of GHT draws attention to their use in the production and accumulation of cold. L. Smirnov and V.Klymenko proposed a scheme of a crystal hydrate plant that uses the thermal unevenness of sea water for the simultaneous production of fresh water and cold at two temperature levels.

- *CCS technology.* Today, there is a problem of reducing CO<sub>2</sub> emissions and disposal, for which the CCS technology (CO<sub>2</sub> capture and storage) is proposed as a solution. This technology involves the capture of CO<sub>2</sub> from emissions using the gas hydrate method, transportation and burial of CO<sub>2</sub> in the form of GHT capsules in deep underground formations or in deep reservoirs, control over its storage.

- *Extraction and transportation of natural gas.* The use of gas hydrate technology for extraction and transportation of natural gases is a serious alternative to traditional technologies. This is due to the fact that, firstly, frozen hydrates are stable enough to be stored in large quantities and transported over long distances. Secondly, transportation using hydrate capsules or pistons is more economical when supplying natural gas to the market and allows you to significantly reduce financial costs.

Analysis of the current state of development and practical application of gas hydrate technology in various industries shows that this technology is a rather promising energy-efficient direction in the development of the fuel, energy and chemical industries.

## References

1. John Carroll. Natural Gas Hydrates A Guide for Engineers: 4th Edition – 2020 – 377 p.
2. Makogon YU.F. Gidraty prirodnykh gazov. -M.: Nedra, 1974. - 208 s.
3. Klymenko V.V. Naukovo-tekhnichni osnovy hazohidratnoyi tekhnolohiyi (termodynamika ta kinetyka protsesiv, skhemni rishennya): avtoref. dys. dokt. tekhn. nauk: 14.05.06. – K., 2012- 40 s.
4. Jyoti Shanker Pandey , Yousef Jouljamal Daas, Adam Paul Karcz and Nicolas von Solms. Enhanced Hydrate-Based Geological CO<sub>2</sub> Capture and Sequestration as a Mitigation Strategy to Address Climate Change - Energies 2020, 13, 5661.
5. Z.R.Chong, S.H.B. Yang, P. Babu, P. Linga, X.-S. Li Review of natural gas hydrates as an energy resource: Prospects and challenges - Applied Energy. 2016. V. 162. P. 1633.

**Валентина Зубенко**, доц., канд. техн. наук,

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, Кропивницький, Україна*

*e-mail: Zub\_valya@ukr.net*

**Ірина Березюк**, доц., канд. техн. наук,

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

*e-mail: shapovalovai@ukr.net*

## Шляхи оптимізації енергоспоживання при сушці деревини та пиломатеріалів

В наш час особливо гостро постає питання скорочення енергоспоживання. Зрозуміло, що енергія потрібна для майже всіх технологічних процесів. Процес сушки деревини є одним з них. Правильно висушена деревина знаходить різноманітне застосування в багатьох областях народного господарства і в побутових умовах [4]. Вона використовується у вигляді дошок і заготовок в будівництві, машинобудуванні, деревообробному, меблевому і інших виробництвах. Деталі і вироби, виготовлені з деревини з підвищеною вологістю розсихаються, коробляться, що погіршує їх експлуатаційні якості. З метою сушки деревини використовуються досить енерговитратні сушильні камери, які в основному оснащені системами примусової вентиляції. (рис. 1)

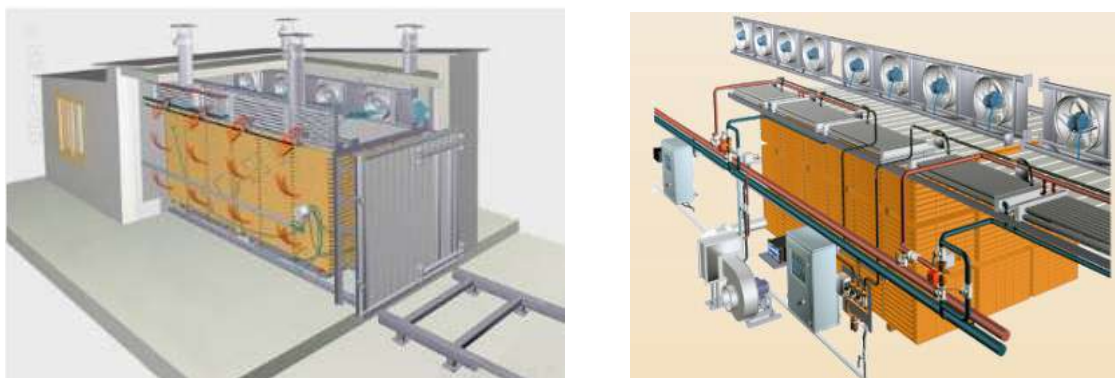


Рисунок 1 – Тунельний спосіб сушки деревини та використовуване енергообладнання.

Існують відпрацьовані державні стандарти, в яких описані параметри температури і вологості середовища впродовж всього процесу сушіння для різних порід дерева та різноманітних видів виробів з нього. Способи сушки досить різноманітні, але всі вони потребують використання електричної енергії. Скорочення енергоспоживання і ефективне використання енергії є основними моментами у законопроекті «Про ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів», який зареєстровано у Верховній Раді України від 14.04.09 за № 4361, а також у ДСТУ 4472 – 2005 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги». [1, 2, 3] Тому важливою задачею є зниження споживання енергетичних та інших ресурсів на підприємстві в цілому і по окремих його підрозділах. В зв'язку з цим особливого значення набуває системний підхід та впровадження інноваційних технологій з метою раціонального використання електроенергії.

В якості дослідження була обрана камерна сушка, де сушка деревини здійснюється гарячим повітрям в спеціальному приміщенні – камері (рис. 1). Такі сушарки обладнані котлом, калорифером, вентиляторами, шиберами та зволожувальними системами. Зазвичай, такі камери будують з теплоізоляційних плит, які складаються з профілю металевих сплавів та теплоізоляційного шару. Такі камери бувають періодичної та безперервної дії.

Камерна сушка деревини виконується в одному із можливих режимів, рекомендованих стандартом. За температурним показником розрізняють м'який, нормальний, форсований та високотемпературний режими сушки. Вибір потрібного режиму базується на породі деревини, типі, розмірах пиломатеріалів та їх кінцевому призначенні. Усі дані по режимам та параметрам камерної сушки містяться в ГОСТ 19773 -74 та ГОСТ 18867 - 84. Серед переваг використання камери є: терміни висихання пиломатеріалів (від десятків годин до декількох діб), деревина просихає до будь-якої заданої кінцевої вологості при необхідній якості; процес сушіння піддається надійному регулюванню. До недоліків такої камери можна віднести вагомі енергетичні затрати, необхідні для нагрівання теплоносія, кондиціонування та циркуляції агенту.

З метою вирішення поставленої задачі скорочення енергоспоживання, була вдосконалена методика визначення коефіцієнта об'ємного заповнення штабеля пиломатеріалів з урахуванням його габаритних розмірів, розмірної характеристики матеріалу та величини об'ємного всихання за значеннями кінцевої вологості та умовної (базисної) густини даної породи деревини. Проаналізовано основні теоретичні положення проведення теплової обробки пиломатеріалів у процесі сушіння для технологічних операцій початкового нагрівання, проміжкових та кондиціонуючої тепловологообробок.

Проведено порівняння витрат енергоспоживання існуючого обладнання досліджуваного підприємства, з подібними сушарками. Визначені найбільш енергоємні процеси при сушінні деревини та обладнання електропідігріву повітря, що при цьому застосовується. На економічність їх роботи помітний вплив справляє їх конфігурація і завантаження електроустаткування. А використання удосконаленої системи управління обсягом сухого повітря, дозволить знизити рівень енергоспоживання.

Оскільки типові рішення можуть розв'язати лише частину проблем, було рекомендовано здійснити добір технічних та економічно обґрунтованих рішень з огляду на конкретне унікальне підприємство.

## Список літератури

1. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/Pidvyshhennya-energoefektyvnosti-v-YES.pdf>
2. Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні» Практики імплементації Директиви ЄС 2012/27 щодо систем енергоменеджменту та енергоаудиту в Україні Оглядовий звіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://saee.gov.ua/sites/default/files/MERP%20Study%20EA%20and%20EM\\_Ukr.pdf](http://saee.gov.ua/sites/default/files/MERP%20Study%20EA%20and%20EM_Ukr.pdf)
3. ISO 50001: цілі стандарту та перспективи його впровадження в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.reee.org.ua/download/trainings/%D0%A2%D0%9C\\_3\\_ISO\\_50001.pdf](http://www.reee.org.ua/download/trainings/%D0%A2%D0%9C_3_ISO_50001.pdf)
4. Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ДТЭК ЭНЕРГО [Текст]/ Под общ. ред. С.П. Денисюка. – К.: Наш формат, 2014. – 504 с.
5. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Навчальний посібник. [Текст]/ - Вінниця: ВНТУ, 2007. - 76 с.
6. Камерная сушка древесины (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://atmwood.com.ua/2017/02/25/kamernaya-sushka-drevesiny/> – Загол. з екрана.

**Василь Клименко**, проф., д-р. техн. наук, **Олександр Скрипник**, доц., канд. техн. наук, **Дар'я Скрипник**, ст. гр. АГ-19

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

**Сергій Овечкий**, доц., канд. техн. наук

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

**Олександр Наливайко**, доц., канд. техн. наук

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна*

*e-mail klytmvas@ukr.net*

## Застосування газогідратів для видобування сірководню з Чорного моря

Чорне море є найбільшим басейном Світового океану з аномальним вмістом сірководню ( $H_2S$ ). Анаеробна зона займає близько 87 % від об'єму моря і розташовується на глибинах понад 90 – 160 м, а загальна кількість сірководню в басейні оцінюється в 40 – 50 млрд. тонн. Вміст сірководню в придонному шарі води змінюється від 0,3 до 10 – 12 мг/л. В осадах дна воно коливається від 25 до 240 мг/л [1].

Результати багатьох експедицій безперечно свідчать на користь біогенного походження  $H_2S$ . Було доведено, що чорноморський сірководень утворюється головним чином за рахунок діяльності анаеробних сульфаторедукуючих бактерій, які мешкають як у водній товщі, так і в донних осадах. При цьому більшість сірководню утворюється безпосередньо у водній товщі, а не мігрує з осадів.

Кисень повітря, розчинений у поверхневій морській воді, взаємодіє з  $H_2S$ , перетворюючи його на сірчану кислоту, яка, вступаючи в реакцію з розчиненими у воді мінеральними солями, утворює сульфати. У свою чергу розчинені сульфати, потрапляючи у верхні шари сірководневих вод, відновлюються до сульфідних форм сірки. Ці процеси йдуть одночасно, з проміжною участю метану, завдяки чому в Чорному морі встановлюється динамічна рівновага між сульфатними та сульфідними формами сірки, які виділяються і осідають у вигляді коралових відкладень [2]. При цьому сірководнева зона виконує роль фільтра, який попереджає попадання метану, що виділяється з надр через тріщини в земній корі та жерла грязьових вулканів, в атмосферне повітря. Звертає увагу аномальне розподілення температури води по глибині моря. Вона залишається практично постійною з глибин 80 – 100 м і складає плюс 8...9 °C [3].

Основні методи, які пропонуються для видобутку сірководню з Чорного моря можна розділити на дві основні групи: шляхом виділення з піднятої на поверхню глибинної морської води або виділення безпосередньо на глибині [4].

Для підйому глибинних вод на поверхню з метою їх переробки з наступним поверненням у сірководневу зону використовується метод доставки, при якому підйомна сила заснована на різниці густин води та газо-водяної суміші. У процесі підйому глибинної води при зниженні тиску виділяється  $H_2S$ . Для підтримання газовиділення потрібно відкачувати певний об'єм води з трубопроводу, а виділений  $H_2S$ , для подальшого використання, як правило, необхідно стискувати, що потребує додаткових енерговитрат.

Методи виділення  $H_2S$  на глибині засновані на використанні іонного обміну та селективної сорбції на полімерних мембранах [4]. При реалізації цих методів залишаються незрозумілою економічна обґрунтованість технологій десорбції  $HS^-$  і регенерації сорбенту.

Для підвищення енергоефективності видобування  $H_2S$  з Чорного моря нами пропонується застосовувати газогідратну технологію [5, 6], яку можна реалізувати в установці, приведеній на рис.1.

Установка працює наступним чином. Вихідна холодна глибинна морська вода поступає в нижню частину трубопроводу 2 за рахунок перепаду гідростатичних тисків води і водо-газової суміші в трубопроводі (рис. 1).

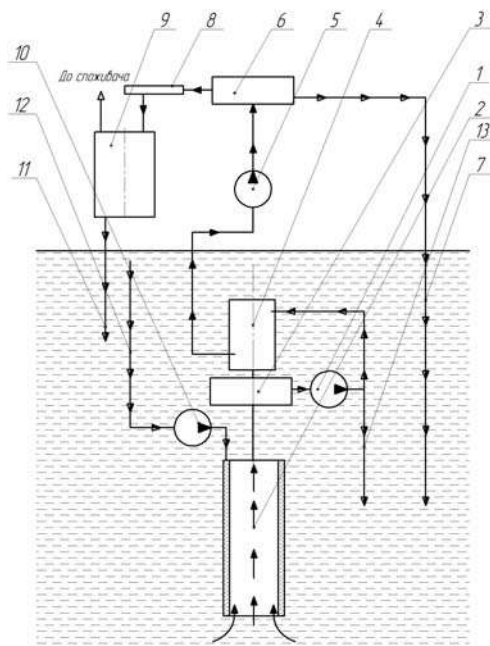


Рисунок 1 – Схема установки для видобування сірководню

У процесі підйому глибинної води проходить її дегазація при зниженні тиску та утворення газо-водяної суміші у трубопроводі 2. Ця суміш при русі в трубопроводі 2 підігрівается теплою морською водою, яка подається по трубопроводу 12 насосом 10 з поверхні моря. Потрапляючи в газовий сепаратор 3 газо-водяна суміш розділяється на  $H_2S$  та воду, частина якої насосом 1 направляється по трубопроводу 13 до кристалізатора 4, а інша скидується в море. Виділений  $H_2S$  поступає також в кристалізатор 4, розташований на певній глибині від поверхні моря. В кристалізаторі 4 при контакті  $H_2S$  та води і температурі 11...12 °С та тиску близько 0,5 МПа утворюються газогідрати сірководню. Теплота утворення гідратів відводиться холодною морською водою, в яку занурений кристалізатор 4. Отримана водогазогидратна суспензія насосом 5 подається в сепаратор 6, де розділяється на газогідрати  $H_2S$  та воду, що трубопроводом 7 скидається в море. Гідрати  $H_2S$  шнеком 8 направляються в плавитель 9, де плавляться при температурі близько 18 °С та тиску 0,6 МПа з виділенням газоподібного  $H_2S$  та води, яка по трубопроводу 11 скидається в море. Виділений  $H_2S$  може без додаткового стискування бути направлений споживачам, що забезпечує зменшення енерговитрат на видобування і подальше використання сірководню.

## Список літератури

1. Димитър Димитров, Петко Димитров Черное море – нетрадиционный энергетический и сырьевой центр Европы // М.: Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2010, №2. – С 27 – 34.
2. Шнюков Е. Ф., Дроздовская А. А. Черное море как прототип химической эволюции Мирового океана в геологической истории Земли// Доклады АН УССР, Серия Б: геологические, химические и биологические науки, 1989. – С. 25 – 30.
3. Кашия В. Г. Экологически чистые методы освоения водородосодержащих компонентов Черного моря / В. Г. Кашия // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology – ISJAEЕ. – 2004. – № 2(10).
4. Альтернативная сероводородная энергетика Черного моря. Состояние, проблемы и перспективы / И.М. Неклюдов, Б.В. Борц, О.В. [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – Т. 12. – С. 48 – 55.
5. John Carroll. Natural Gas Hydrates A Guide for Engineers: 4th Edition – 2020 – 377 p.
6. Клименко В.В. Науково-технічні основи газогідратної технології (термодинаміка та кінетика процесів, схемні рішення): автореф. дис. докт. техн. наук: 05.14.06. – К., 2012 – 40 с.

**Андрій Сазанський**, асп., **Михайло Хмельнюк**, проф., д-р. техн. наук  
*Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна*  
e-mail: hmel\_m@ukr.net

## Підвищення екологоенергоефективності холодильної установки

Енергоефективність в інженерних процесах вимірюється як один із ключових факторів успіху та конкурентних переваг бізнесу. У зв'язку з цим більшість процесів, які використовуються для будь-яких виробничих цілей, вимагають від холодильної системи, підтримувати якість продукту та задовольняти потреби споживачів. Це є вирішальним фактором для підвищення енергоефективності для складних енергетичних систем із використанням холодильних установок для зниження споживання енергії. Разом з парадигмою Industry 4.0, неминучий розподіл інформаційно-комунікаційних технологій та технологій автоматизації забезпечує кращу гнучкість і масштабованість виробничих систем, можна використовувати стратегії енергоменеджменту шляхом оптимізації системи вимірювання для оцінки зібраних даних під час енергоаудиту для промислових процесів. Це може бути ще однією методологією для ефективного та продуктивного управління енергією для складних енергетичних систем. Що стосується холодильних систем, зокрема наближення до них з точки зору енергоефективності, то можна запропонувати план заходів від модернізації холодоагенту (тут природні холодоагенти як найкраще рішення для зменшення впливу на навколишнє середовище) до поточної заміни системи з гібридними системами. Широко відомий факт, що інженери для підвищення енергоефективності холодильної системи необхідно виконувати певні маніпуляції з елементами системи (компресорами, конденсаторами, теплообмінниками), які називаються параметричною оптимізацією, коли експерт змінює температури режимів роботи для випаровування та процесів конденсації. Енергетична політика має великий вплив на енергоефективність від розробки інновацій до їх впровадження в складні енергетичні системи з холодильною установкою на підприємстві. Вона також вносить зміни в моделювання бізнес-процесів.

Енергоефективність та коефіцієнт продуктивності обладнання та систем можна виміряти шляхом порівняння продуктивності досліджуваного об'єкта (під час енергетичного аудиту) з визнаними в промисловості значеннями або необхідними стандартами.

Запропонований підхід можна використовувати для оцінки:

1. Налаштуйте поточний профіль використання енергії.
2. Виберіть основне енергоспоживаюче обладнання, систему.
3. Виберіть відповідні показники енергоефективності (EnergyPlus).
4. Робота над даними, необхідними для обчислення кожного EnergyPlus.
5. Виправити методологію для потреб збору даних.
6. Збирати дані.
7. Обчислення EnergyPlus.
8. Диференціювати з налаштованими/цільовими контрольними показниками (національні/глобальні).
9. Виберіть заходи щодо покращення енергетичного потенціалу.
10. Оцініть економію + витрати на покращення заходів.

Природні холодоагенти, такі як вуглекислий газ R744 або вуглеводень (HC), можуть сприяти подоланню проблеми. Альтернативним рішенням є використання суміші R744 та HC, яка є менш горючим або негорючим холодоагентом з низьким потенціалом глобального потепління.

Для дослідження сумішей вуглекислого газу та вуглеводнів обрано компресор *Atlanta V-KH 110 H5-02*. Випробування проводились згідно стандарту EN-378.

Результати представлені на рисунках 1 і 2. Холодильний коефіцієнт COP для сумішей вуглекислого газу з пропаном в діапазоні температур випаровування  $-35 \dots -20^\circ\text{C}$  становить 0,7 - 0,85, а для суміші R744/R600a при температурах випаровування  $-20 \dots -10^\circ\text{C}$ , його значення коливається від 0,7 до 1,2. Холодопродуктивність компресора збільшується відповідно до концентрації R744.

Наприклад, при зміні вмісту вуглекислого газу в ізобутані від 5 до 20% при температурі  $45^\circ\text{C}$  тиск конденсації зростає більш ніж вдвічі (з 0,95 до 2,05 МПа), температури кінця стиснення газу в компресорі також збільшується.

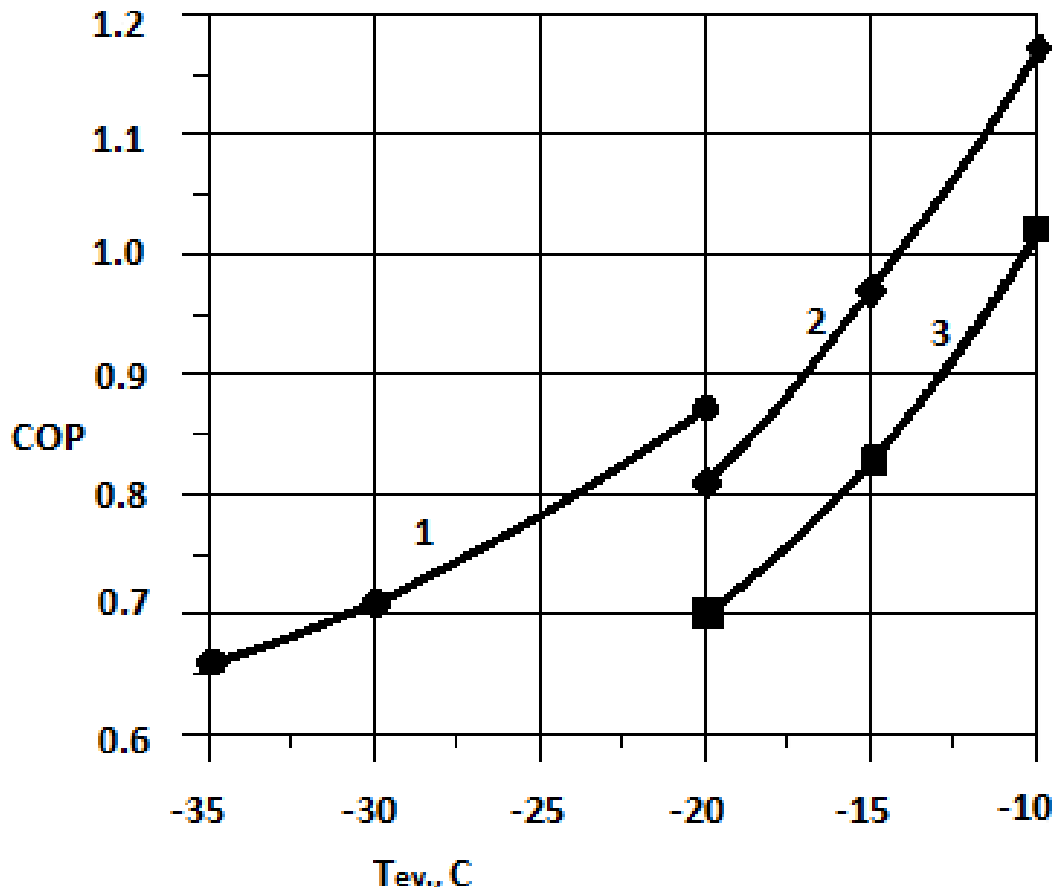


Рисунок 1 – COP (суміші вуглекислого газу та вуглеводнів):

1 – R744/R290 (0,1/0,9); 2 – R744/R600a (0,2/0,8); 3 – R744/R600a (0,2/0,8).

Як правило, це призводить до роботи компресора з високим тепловим навантаженням, що в деяких випадках може призвести до його перегріву і, як наслідок, зупинки компресора. Аналіз калориметрії дозволяє зробити висновок про необхідність використання холодної регенерації в холодильній машині, що працює на сумішах з вуглекислим газом і вуглеводнями, що дозволяє знизити робочий тиск і підвищити концентрацію R744 в суміші.

Видно, що при вищій температурі випаровування (на рівні ізобутану) додавання вуглекислого газу знижує ефективність холодильної машини, порівняно з рівнем температури випаровування, наприклад, пропану. Збільшення вмісту вуглекислого газу в сумішах при використанні регенерації дозволяє знизити рівень температури випаровування холодильної машини в цілому, зберігаючи її працездатність і знижуючи горючість.

Розробка сумішей на основі вуглекислого газу та вуглеводнів для їх широкого використання є можливим рішенням для зниження горючості вуглеводнів та підвищення безпеки холодильної системи, а також підвищення енергоефективності.

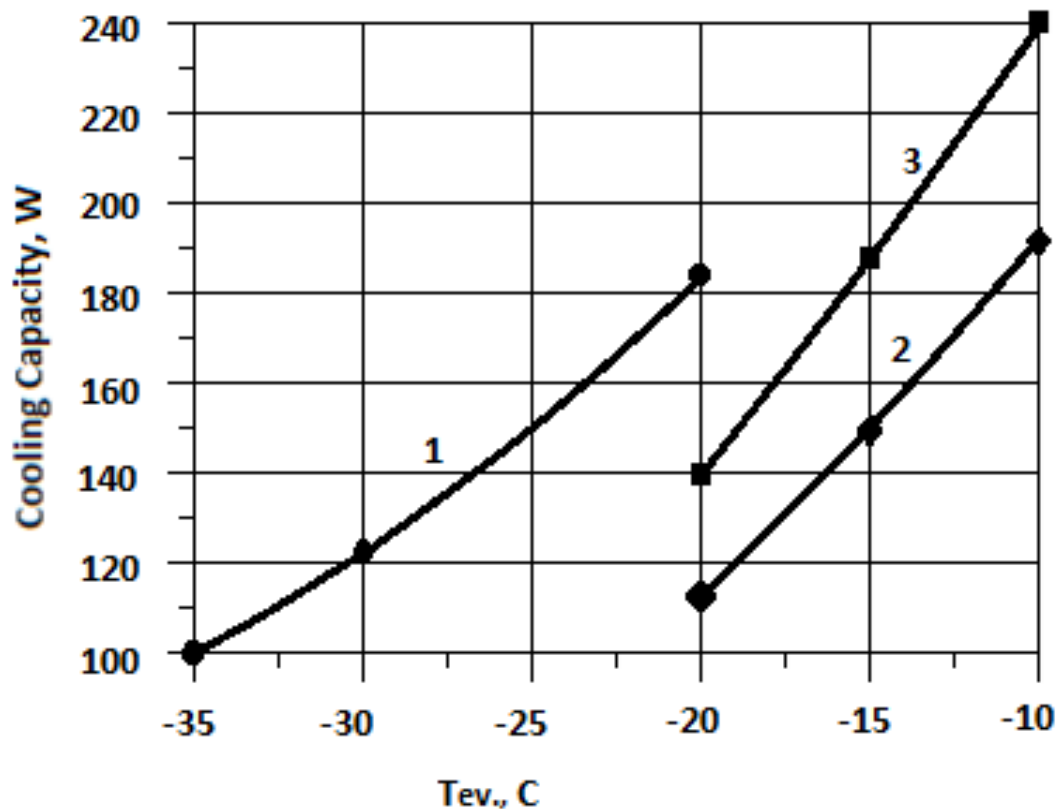


Рисунок 2 – Потужність охолодження (суміші вуглекислого газу та вуглеводнів):

1 – R744/R290 (0,1/0,9); 2- R744/R600a (0,1/0,9); 3- R744/R600a (0,2/0,8)

### Список літератури

1. Lanre Olatomiwa. Energy management strategies in hybrid renewable energy systems: A review. 2016 [on-line resources] Accessed by URL: [https://www.researchgate.net/publication/301790658\\_Energy\\_management\\_strategies\\_in\\_hybrid\\_renewable\\_energy\\_systems\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/301790658_Energy_management_strategies_in_hybrid_renewable_energy_systems_A_review) at October, 2020
2. Andre Patenaude, Antonio De Lourdes. Natural Refrigerant Alternatives for Industrial Refrigeration. Emerson. 2017. [on-line resources] Accessed by URL: <https://climate.emerson.com/documents/chicago-%E2%80%93-natural-refrigerant-alternatives-for-industrial-refrigeration-en-us-3663318.pdf> At October, 2020
3. G.Lychnos, Z.Tamainot-Telto. Prototype of hybrid refrigeration system using refrigerant R723. 2018. . [on-line resources] Accessed by URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431117381814> at October, 2020
4. G. Lychnos, Z. Tamainot-Telto Performance of hybrid refrigeration system using ammonia Applied Thermal Engineering, 62 (2) (2014), pp. 560-565

**Наталія Жихарєва**, доц., канд. техн. наук, **Д. Крушельницький**, асп.  
 Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна  
 e-mail: zhikhareva.nata@gmail.com

## Ефективність використання роторного осушення повітря в промисловості

Надлишкова волога є однією з головних причин пошкодження і руйнування будівель. Намоклі стіни під дією низьких температур замерзають, в результаті бетон і цегляна кладка розтріскуються, а це призводить до передчасного виходу будівель і споруд з ладу. Також На деяких виробництвах контроль вологості приточного повітря є невід'ємною частиною технологічного процесу.

Для очищення і сушіння припливного і вентиляційного потоків повітря застосовують осушувач повітря адсорбційний - пристрій для забезпечення заданих вимог щодо якості повітря - вологості.

**Адсорбція.** Цей метод заснований на сорбційних (вологобирних) властивості деяких речовин - сорбентів.

**Ротор** - це вологопоглинаючий елемент, що знаходиться в корпусі осушувача. Принцип його роботи заснований на пропуску 2 потоків повітря: робочого середовища, призначений для очищення, і повітря реактивації, службовця для видалення рідини, яку «захопив» ротор. Волога виводиться з апарату у вигляді теплого вологого повітря. А повітря робочого середовища на виході з адсорбційного осушувача стисненого повітря, сухий і чистий, потрапляє в певний сектор приміщення, де потрібно позичена певного рівня вологості.

**Сорбент.** Речовина, що знаходиться в матриці ротора, яке вловлює вологу. Зважаючи на велику поверхні контакту при малому обсязі, перебуваючи в невеликому роторі, активна речовина має більшу продуктивність. Найбільшу популярність серед промислових сорбентів отримали силікагель, активоване оксид алюмінію, молекулярні сита. Тип застосовуваного наповнювача має прямий вплив на ціну адсорбційного осушувача повітря.

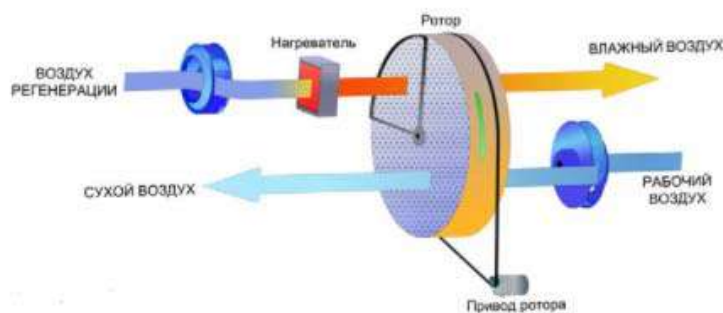


Рисунок 1 – Адсорбційний метод осушення.

Основна перевага адсорбційного осушувача є те, що ефективність його роботи не так істотно залежить від параметрів повітря. Таким чином, адсорбційна осушення - єдиний спосіб висушити повітря з будь-якої (навіть мінусовою) температурою до як завгодно низькій вологості. В процесі роботи адсорбційного осушувача не утворюється вода, тому вони можуть ефективно працювати при температурах нижче нуля і не вимагають

підключення до системи каналізації або зливу сконденсованої води. Ротор (Серце осушувача) являє собою матрицю, що складається з великого числа повітряних каналів. Він виготовлений з композитного матеріалу, в який за унікальною технологією впроваджений високоактивний силікагель. Таке рішення дозволяє створити дуже велику площу контакту з повітряним потоком для адсорбції вологи в невеликому обсязі ротора. Даний матеріал дуже ефективний в поглинанні і утриманні молекул води, є негорючим і вибухобезпечним, з тривалим терміном служби (до 10 років безперервної роботи).

Ротор зазвичай ділять на два сектори, розділених ущільнювачем: робочий сектор (зазвичай 75%), а також сектор регенерації (як правило, 25%). Ротор повільно обертається за рахунок невеликого електродвигуна. Повітря проходить через робочу зону ротора, і волога абсорбується в ньому. На виході маємо сухий і трохи підігріте повітря. Другий потік повітря (як правило, береться з вулиці) проходить через сектор реактивації.

Це повітря попередньо нагрівається, щоб випарувати вологу з ротора. Реактиваційний повітря виходить з осушувача теплим і вологим, і, як правило, викидається назовні. Так як ці два потоки повітря проходять через ротор одночасно, процес осушення відбувається безперервно і без технологічних зупинок.

Подібна схема обіцяє практично 100-відсоткову ефективність сушки, так адсорбційні осушувачі використовують не тільки у виробництві високотехнологічного обладнання, а й в медицині, і харчової промисловості, і в фармацевтиці, і на інших «відповідальних ділянках». Серед інших, основними перевагами адсорбційних осушувачів повітря роторного типу є:

- постійний діапазон робочих температур: від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;
- здатність ефективно сушити повітря при його вологості від 2% до 100%;
- не вимагається попереднє охолодження повітряної маси;
- висока продуктивність.
- роторний адсорбційний осушувач оберігає вікна і скляні стелі в приміщеннях від запотівання;

При цьому за допомогою осушувача можна не тільки знизити процентний вміст водяної пари в припливному потоці системи вентиляції складського чи виробничого приміщення, а й обробити робоче середовище для пневматичних приводів, фарбопультів і інших вузлів і механізмів, які використовують енергію стисненого повітря.

Проведений аналіз шляхів підвищення ефективності систем роторного осушення повітря дозволяє проводити зіставлення альтернативних варіантів систем кондиціювання повітря при їх оптимізації

## Список літератури

1. Хмельнюк М.Г, Важинський Д.І. Жихарева Н.В. Сучасні технології осушення повітря // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 3 (149).- С.15-21
2. Жихарева Н.В., Крушельницький Д.О. Особливості осушення повітря в басейнах // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 50-річчю Південного наукового центру НАН України і МОН України, м. Одеса, 16 квітня 2021 року. Одеса. 2021 . С.331-333
3. Жихарева Н. В Інноваційні технології кондиціювання повітря в нестационарних умовах: монографія / Н. В. Жихарева ; Одес. нац. технол. ун-т, Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ТЕС, 2022. — 264с
4. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — . — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 380 с.

Володимир Лабай, проф., д-р. техн. наук, Ганна Клименко, ст. викладач, канд. техн. наук  
Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

Микола Генсецький, доц., канд. техн. наук

Львівський техніко-економічний коледж НУ «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: wlabay@i.ua

## Універсальна залежність для визначення ексергетичного ККД теплової помпи split-кондиціонера

**Постанова проблеми.** Холодильні машини, які працюють в режимі теплової помпи в місцевих автономних кондиціонерах, потребують для зменшення енергозатрат вдосконалення, яке можливе з використанням сучасного методу термодинаміки – ексергетичного [1-6].

Ексергетичний аналіз дозволяє встановити максимальні термодинамічні можливості системи, визначити втрати ексергії в ній та обґрунтувати рекомендації з вдосконалення окремих її елементів [1-6].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Найдетальніше ексергетичний метод аналізу одноступеневих холодильних машин наведений в [2], який непристосований для холодильних машин, що працюють в режимі теплової помпи в місцевих автономних кондиціонерах.

Тому авторами розроблений ексергетичний метод аналізу роботи одноступеневих хладонових теплових pomp (без ефективного охолодження компресора) для місцевих автономних кондиціонерів, докладно описаний у роботі [6]. У цій методиці використана схема теплової помпи, яка наведена на рис. 1, а, і відповідно побудова процесів її роботи на  $p, i$ -діаграмі – на рис. 1, б та холодильний агент хладон-32 (R32) [7]. Розрахунково-кількісні експерименти проводились за допомогою математичної моделі та розробленої авторами комп'ютерної програми в Excel [6].

Отже, отримання універсальної залежності для визначення ексергетичного ККД теплової помпи split-кондиціонера будь-якої фірми певної теплопродуктивності дає можливість підібрати параметри її роботи з максимальним ексергетичним ККД.

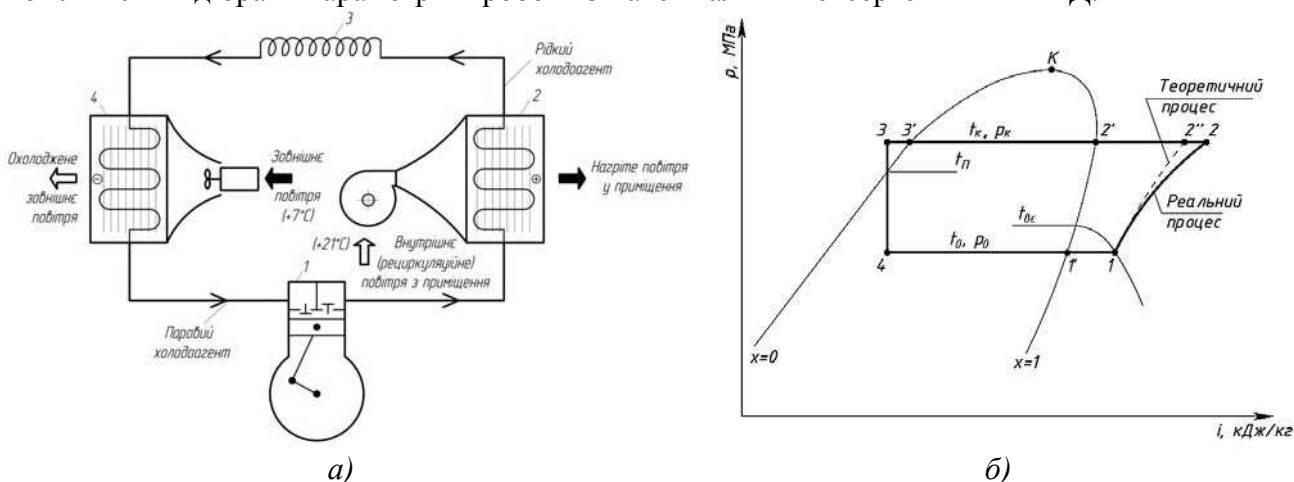


Рисунок 1 – Схема теплової помпи split-кондиціонера (а) та побудова її процесів роботи на  $p, i$ -діаграмі (б):

1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – капілярна трубка (дрозель); 4 – випарник

**Мета роботи** – встановлення універсальної залежності ексергетичного ККД на прикладі теплової помпи split-кондиціонера „Mitsubishi Electric” теплопродуктивністю 3200 Вт від різних факторів, які впливають на його роботу.

– ексергетичний ККД теплової помпи split-кондиціонера „Mitsubishi Electric” теплопродуктивністю 3200 Вт за різних факторів, які впливають на його роботу [13-15];

– аналітичну залежність між ексергетичним ККД теплової помпи split-кондиціонера і різними факторами, які впливають на його роботу.

Це і було завданням досліджень.

**Виклад основного матеріалу.** Ексергетичний аналіз проводили для теплової помпи split-кондиціонера „Mitsubishi Electric” з найвищим ексергетичним коефіцієнтом корисної дії, який був визначений за стандартних температурних умов (стандартна холодопродуктивність  $Q_T^{CT} = 3200$  Вт; стандартна споживана потужність  $N_{CT}^{CT} = 780$  Вт; стандартне випадання конденсату на випарнику  $W_{COND}^{CT} = 1,10$  л/год) [17].

Для встановлення універсальної залежності ексергетичного ККД від різних факторів, які впливають на його роботу, прийняли такі вихідні дані:

– температуру навколишнього середовища (зовнішнього повітря)  $t_{C1} = 7...-15^{\circ}\text{C}$  (для стандартного процесу приймали  $t_{C1} = 7^{\circ}\text{C}$ );

– температуру внутрішнього (рециркуляційного) повітря у приміщенні приймали сталою  $t_{H1} = 21^{\circ}\text{C}$  (для стандартного процесу приймали також  $t_{H1} = 21^{\circ}\text{C}$ );

– витрату повітря у конденсаторі  $L_K = 300...1000$  м<sup>3</sup>/год (для стандартного процесу приймали  $L_K = 490$  м<sup>3</sup>/год);

– витрату повітря у випарнику  $L_{вип} = 500...5000$  м<sup>3</sup>/год (для стандартного процесу приймали  $L_{вип} = 1020$  м<sup>3</sup>/год);

– кінцеву різницю температур у конденсаторі (холодильного агента, який конденсується, і зовнішнього повітря на виході з конденсатора)  $\Delta t_K = 3,0...5,0^{\circ}\text{C}$  (для стандартного процесу приймали  $\Delta t_K = 4,2^{\circ}\text{C}$ );

– кінцеву різницю температур у випарнику (внутрішнього повітря на виході з випарника і киплячого холодильного агента)  $\Delta t_{вип} = 2,0...4,0^{\circ}\text{C}$  (для стандартного процесу приймали  $\Delta t_{вип} = 2,8^{\circ}\text{C}$ );

– різницю температур переохолодження у конденсаторі  $\Delta t_{переох} = 3,0...5,0^{\circ}\text{C}$  (для стандартного процесу приймали  $\Delta t_{переох} = 5,0^{\circ}\text{C}$ );

– різницю температур перегрівання у випарнику  $\Delta t_{перегр} = 5...15^{\circ}\text{C}$  (для стандартного процесу приймали  $\Delta t_{перегр} = 10^{\circ}\text{C}$ );

– електромеханічний ККД компресора  $\eta_{ем} = 0,70...0,95$  (для стандартного процесу приймали  $\eta_{ем} = 0,9$ );

– адіабатичний (індикаторний) ККД компресора  $\eta_i = 0,70...0,90$  (для стандартного процесу приймали  $\eta_i = 0,8$ ).

Послідовно були отримані такі залежності для ексергетичного ККД досліджуваного split-кондиціонера від вказаних факторів, які впливають на його роботу [6-7]:

$$\eta_e = 0,435 - 0,0088 \cdot t_{C1}, \quad (1)$$

$$\eta_e = 0,3956 + 6,43 \cdot L_K^{-1} - 36,42 \cdot L_{вип}^{-1}, \quad (2)$$

$$\eta_e = 0,4251 - 0,0074 \cdot \Delta t_K - 0,0075 \cdot \Delta t_{вип}, \quad (3)$$

$$\eta_e = 0,361 + 0,0024 \cdot \Delta t_{переох}, \quad (4)$$

$$\eta_e = -0,2982 + 0,4151 \cdot \eta_{em} + 0,372 \cdot \eta_i \quad (5)$$

та остаточно – універсальна залежність для визначення ексергетичного ККД:

$$\eta_e = -0,0088 \cdot t_{C_1} + 6,43 \cdot L_K^{-1} - 36,42 \cdot L_{вип}^{-1} - 0,0074 \cdot \Delta t_K - 0,0075 \cdot \Delta t_{вип} + 0,0024 \cdot \Delta t_{перех} + 0,4151 \cdot \eta_{em} + 0,372 \cdot \eta_i - 0,1739. \quad (6)$$

**Висновки.** Універсальна залежність між ексергетичним ККД теплової помпи split-кондиціонера і різними факторами (6) дає можливість встановити його швидко і коректно з максимальною похибкою до 1,4%. Завдяки універсальній залежності можна запропонувати процес використання теплової помпи split-кондиціонера достатньо енергоощадний, який призведе до зростання ексергетичного ККД теплової помпи до 30 %.

Отже, зменшення витрат енергії, споживаної тепловими помпами повітряних split-кондиціонерів, може бути досягнуто отриманням універсальної залежності для визначення ексергетичного ККД теплової помпи split-кондиціонера будь-якої фірми певної теплопродуктивності, яка дасть можливість підібрати параметри її роботи з максимальним ексергетичним ККД.

### Список літератури

1. Шаргут Я., Петела Р. (1968) Эксергия. Москва: Энергия (in Russian).
2. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. (1981) Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. Москва: Энергоиздат (in Russian).
3. Silvio de Oliveira Junior. (2013) Exergy. Production, Cost and Renewability. Springer (in English).
4. Bejan A. (1988) Advanced Engineering Thermodynamics. New York: J. Wiley (in English).
5. Bejan A., Tsatsaronis G., Moran M. (1996) Thermal Design and Optimization. New York: J. Wiley (in English).
6. Labay V. Yo., Yaroslav V. Yu., Dovbush O. M. and Tsizda A. Ye. (2021) Mathematical modeling bringing the operation of air split-conditioners heat pumps to the same internal temperature conditions. Scientific Journal «Mathematical Modeling and Computing», 8 (3), 509–514 (in English).
7. Jakobsen A., Rassmussen B.-D., Skovrup M.-J., Andersen S.-E. (2001) CoolPack – a collection of simulation tools for refrigeration – Tutorial – Version 1.46. – Department of Energy Engineering Technical University of Denmark (in English).
8. Mitsubishi Electric Catalogo Split (2021) (in English).

<sup>1</sup>Анатолій Рутковский, ст.н.с., канд. техн. наук, <sup>2</sup>Сергій Маркович, доц., канд. техн. наук,

<sup>2</sup>Сергій Михайлюта, аспірант

<sup>1</sup>Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренко НАН України, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна  
e-mail: Marko60@ukr.net

## Автоматизація технологічного процесу вакуумного азотування поршнів в пульсуючому пучку плазми

**Постановка проблеми.** Підвищення потужності автотракторних двигунів викликає неухильне підвищення температурного навантаження на алюмінієві поршні. Для підвищення їх теплостійкості широко використовують різні методи хіміко-термічної обробки, одним з найперспективніших вважається метод вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми. Але цей метод вимагає строгого дотримання параметрів технологічного процесу і характеризується складною системою управління [1,2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо застосування методу іонноплазмового азотування свідчить про те, що слід вести процес дифузійного насичення азотом у плазмі пульсуючого струму, забезпечуючи недопущення переходу тліючого розряду у дуговий (через малу тривалість імпульсів великої напруги) з одночасним збільшенням швидкості процесу [3,4].

У роботі [5] показано застосування комбінованого пульсуючого режиму насичення азотом та вуглецем при циклічному нагріванні та охолодженні садки, що призводить до ефекту прискорення дифузійних процесів. Показано [6], що застосування термічних циклів при азотуванні, наприклад, титану обумовлює підвищення його міцності при задовільній пластичності. Всі ці процеси значно ускладнюють процес управління.

Автори [7] вказують на переваги газотермоциклічного методу регулювання процесу азотування. Технологія обробки при цьому полягає у періодичному чередуванні циклів насичення при проточному азотуванні та розсіювання азотованого шару при максимально можливому зниженні насичуючої здатності атмосфери. Додаткова інтенсифікація процесу відбувається за рахунок його дво стадійності - насичення та розсіювання газу проходить при різних температурах, що підвищує вимоги до кваліфікації оператора.

Проте, при існуючих швидкостях протікання технологічних операцій, кількості параметрів, одночасно необхідно контролювати, людина-оператор не завжди здатна використовувати в потрібний момент отриману інформацію і своєчасно ухвалювати рішення і адекватно реагувати на зміни в ході обробки поршнів. При цьому дії, що управляють, здійснюються із запізненням, якість азотування погіршується, знижується продуктивність роботи установок для іонного азотування. Всі ці вимоги викликають необхідність передачі функцій контролю параметрів і управління процесом швидкодіючим автоматичним пристроям.

Аналіз літературних джерел і результатів досліджень по створенню систем автоматизації технологічного процесу вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми показав, що це питання на сьогоднішній день є актуальним, адже існує недостатня кількість якісних і ефективних систем контролю і автоматичного управління цим процесом.

**Постановка завдання.** Розробити автоматизовану систему контролю і управління технологічним процесом вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми, яка відповідає сучасним вимогам і забезпечує ведення процесу по заданих режимах залежно від необхідної структури і товщини дифузійного шару, здійснює автоматичний контроль параметрів технологічного процесу з виключенням впливу людського чинника.

**Виклад основного матеріалу.** На базі комплексу технологічного забезпечення

процесу зміцнення поверхневих шарів деталей вакуумним азотуванням в пульсуючому пучку плазми, розробленого колективом авторів на базі Інституту проблем міцності ім. Г. С. Пісаренко НАН України під керівництвом доктора технічних наук Ляшенко Б.А. було створено автоматизовану систему контролю і управління. Схеми розробленої автоматизованої системи контролю і управління приведені на рис. 1.

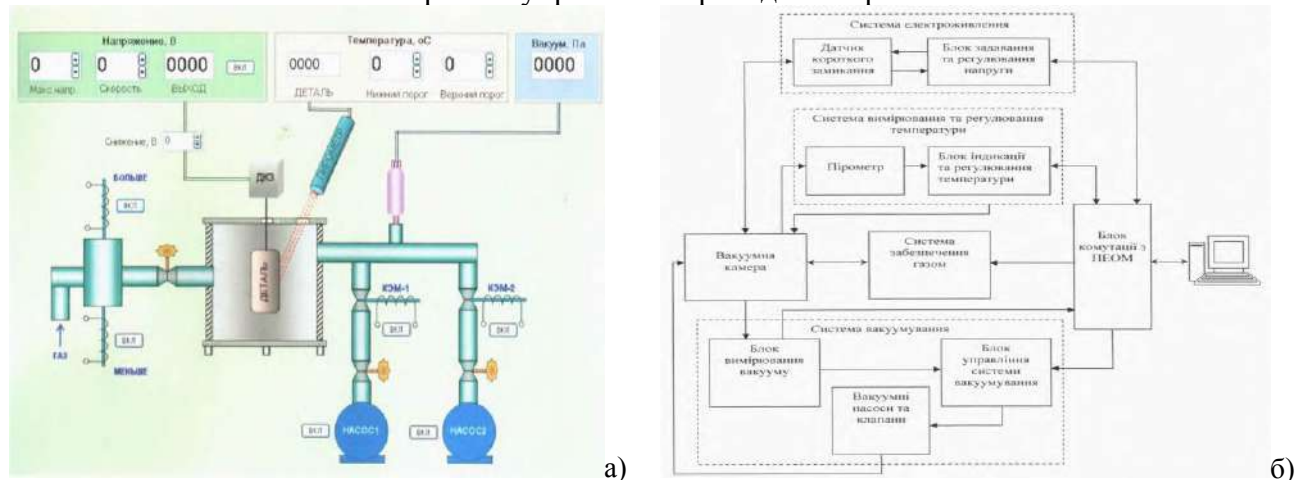


Рисунок 1. - Автоматизована система контролю і управління технологічним процесом вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми: а) – загальна будова; б) – схема процесу

Автоматизована система контролю і управління включає наступні елементи: система електроживлення: блок завдання та регулювання напруги; датчик короткого замикання; система вимірювання і регулювання температури; датчик короткого замикання; блок індикації і регулювання температури; система вакуумування: блок вимірювання вакууму; блок управління системою вакуумування; вакуумні насоси і клапани; блок забезпечення газом; вакуумна камера; блок комутації з ПЕВМ; ПЕВМ.

Основними параметрами автоматизованої системи контролю і управління технологічним процесом вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми:

#### 1. Система вимірювання і регулювання температури.

а) пірометр часткового випромінювання типу "Смотріч 1-1-03": діапазон вимірювання температури  $^{\circ}\text{C}$  300-700; межа допустимого значення погрішності, % 1; час встановлення свідчень, с 0,025; споживана потужність, Вт 25.

б) прилад вимірник і регулюючий типу РТЗ - 4.1 -12-220: межа допустимої приведеною погрішності, % 0,25; максимальний струм комутації, А 2; кількість аналогових входів, шт 1; кількість дискретних виходів, шт 2; споживана потужність, Вт 5.

2. Система електроживлення: діапазон завдання вихідної напруги, В 0 ... 1000; дискретність завдання напруги, В 1; погрішність вимірювання напруги, % 1;

3. Система вакуумування: тип ресструючого пристрою - РВЗ - 4.1 (з манометричним перетворювачем ПМТ - 6.3); діапазон вимірювання тиску, Па 10-1 ... 10-5; максимальний струм комутації вихідних сигналів, а 2; максимальна напруга комутації, В 250; кількість вихідних дискретних сигналів, шт 2.

Функціонування автоматизованої система контролю і управління: в вакуумну камеру (ВК) завантажуються заздалегідь оброблені поршні і оператор на ПЕВМ задає необхідне значення тиску газу у ВК.

Через блок комутації (БК) з ПЕВМ команда надсилається на блок управління системою вакуумування (БУСВ) і далі на електромагнітні клапани (КЗМ - 1, КЗМ - 2) і вакуумні насоси (ВН - пусковий і робочий).

Ступінь вакуумування у ВК вимірюється за допомогою блоку вимірювання вакууму, інформація з якого поступає через БК на ПЕВМ. Після досягнення заданої величини вакуумування у ВК автоматично відключається пусковий насос ВН і включається робочий. При цьому оператор задає на ПЕВМ робочий ступінь вакуумування у ВК. Управління поданою газу у ВК протягом всього процесу дифузійного насичення здійснюється через БК і

блок забезпечення газом (БЗГ). Величину робочого тиску в камері в процесі азотування підтримують залежно від площі, маси і конфігурації оброблюваної деталі.

Час азотування поршнів залежить від матеріалу деталі, маси садіння, необхідних товщини і фазового складу дифузійного шару.

Для забезпечення необхідних параметрів технологічного процесу задають швидкість росту робочої напруги, що подається на електроди установки, і її максимальне значення. Через БК сигнал поступає на блок завдання і регулювання напруги (БЗРН) і далі, через датчик короткого замикання (ГКС), на установку іонного азотування. ГКС спрацьовує у разі переходу у ВК тліючого розряду в дуговий (явище мікро дуг). Він подає сигнал на регулятор тиристора напруги, входить до складу БЗРН. При цьому напруга на деталі знижується на величину, визначену цим регулятором (заздалегідь задану оператором з ПЕВМ через БК).

Температурний режим процесу задають шляхом встановлення оператором (з ПЕВМ через БК) на блоці індикації і регулювання температури (Бірт) верхнього і нижнього порогів температури.

Інформація про поточну температуру деталі у ВК знімається пірометром системи вимірювання і регулювання температури і потрапляє в БІРТ. Після досягнення заданої температури процесу азотування відбувається автоматичне зниження вихідної напруги і охолодження деталі до величини нижнього порогу температури. Потім вихідна напруга знову автоматично підвищується до досягнення верхнього порогу температури деталі. Таким чином відбувається автоматичне регулювання процесу азотування: величини спрацьовування регулятора напруги (верхнього і нижнього порогів температури) можуть задаватися в межах 1-200 °С, що дозволяє подавати на деталь пульсуючу напругу і отримувати пульсуючі термоцикли, що значно підвищує швидкість дифузійного насичення деталі азотом.

Під час технологічного процесу автоматизована система виконує наступні функції програмного забезпечення: обмін даними з електронним пристроєм установки; вимірювання температури з допомогою пірометру; виконання автоматичного управління температурою процесу за допомогою ПЕВМ; генерування повідомлень про критичний і аварійний стан технологічних параметрів процесу і стабілізація його режимів; відображення значень поточних параметрів в реальному часі, аварійних повідомлень, архіву історії зміни параметрів на дисплеї автоматизованого робочого місця (Арма) диспетчера; експорт даних архіву історії в таблиці Microsoft Excel; архівації історії зміни параметрів.

**Висновок.** Пропонована автоматична система контролю і управління виключає вплив людського фактору на параметри технологічного процесу, значно підвищивши точність і якість контролю і регулювання технологічних параметрів процесу, безпеку робіт і відтворюваність результатів поверхневого зміцнення. Це приведе до інтенсифікації процесу азотування, підвищення довговічності поршнів та автотракторного двигуна в цілому.

## Список літератури

1. Ляшенко Б.А., Рутковский А.В. О достоинствах технологии вакуумного азотирования// Оборудование и инструмент. 2005. №12. С. 45-47.
2. Ляшенко Б.А.. Розробка технологічного процесу вакуумного азотування поршнів двигунів в пульсуючому пучку плазми [Текст] / Ляшенко Б.А., С.І. Маркович, Михайлюта С.С. // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 47, ч. 1. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 158-166.
3. Afonso A., Ferran G., Chi F. Development of fiber reinforced aluminium alloy for diesel piston application // SAE Techn. Pap. Ser.- 1991 -№910632-p. 1-9.
4. Aluminium alloy composite material with intermetallic compound finely dispersed in matrix among reinforcing elements. Пат. 5449421 США, МКИ C22C21/00. Оpubл. 12.09.95.
5. Murakami Shoji. Plasma jet sprayed alumina coating on automobile piston // SAE Techn. Pap. Ser.- 1987, №870158, p. 179-184.
6. Surface hardened aluminium part and method of producing same. Пат. 5352538 США, МКИ B22P7/04. Оpubл. 04.10.94
7. Кровяков К.С., Радченко М.В. Упрочнение кольцевых канавок поршня дизеля электронно-лучевой обработкой // Техн. машиностр. - 2000 - №3 - с. 23-25.

**Ihor Zakutynskyi**, PhD student

*National Aviation University, Kyiv, Ukraine*

*e-mail: [zakutynsky@gmail.com](mailto:zakutynsky@gmail.com)*

## Neural networks for road accident predictions and analysis

The rate of death and injury from road accidents is increasing every day all over the world. Therefore, today there is a need for systems that are able to effectively predict and identify the relationships between the accident and the factors of its occurrence. Any traffic accident is a random event that can happen anywhere and at any time, so linear prediction methods are not very effective for this task. In recent years, such systems have been built on the basis of statistical regression methods, such as logistic regression.

In this research, a system based on neural networks is considered, which receives an input data set with Spatio-temporal characteristics of a transport node and determines the probability of an accident in it. The system detects essential elements (factors) that contribute to an accident or creates a connection between accidents and various factors of occurrence. The research method is training and testing two neural networks with different architectures under the same hardware conditions, using the same data set. Two popular architectures were used to build a neural network, namely: a recurrent neural network based on LSTM elements and a neural network based on a multilayer perceptron. For both models, optimal training configurations were investigated to obtain maximum prediction accuracy.

Network training was conducted on the basis of a set of open data on road accidents in the city of Barcelona, Spain from the 2010-2020 year. Also, this set was enriched with values from open source resources, such as air temperature, humidity, road surface, etc. Based on the neural network training, the optimal architecture of the network was determined, and results were obtained on the basis of which neural networks can be considered effective tools for road accident prediction tasks.

The subject of the study is a set of datasets with structured data on traffic accidents in the city of Barcelona, Spain for 2010-2021. The datasets are publicly available and provided by the Open Data Service of the city of Barcelona [1]. The above dataset has the structure shown in Table 1.

Table 1. The structure of the input data set

| Field           | Type    | Description                                  |
|-----------------|---------|----------------------------------------------|
| Severity        | Number  | Severity of the accident (0-5)               |
| Location        | Geo     | Accident geo coordinates (Lat, Lng)          |
| Temperature (F) | Number  | Air temperature                              |
| Humidity (%)    | Number  | Air humidity                                 |
| Pressure (in)   | Number  | Pressure                                     |
| Wind Direction  | String  | Wind Direction                               |
| Wind Speed      | Number  | Wind Speed                                   |
| Road Surface    | String  | Road surface type                            |
| Day             | Number  | Day number, when the accident happens (0-30) |
| Hour            | Number  | Hour, when the accident happens (0-23)       |
| Month           | Number  | Month, when the accident happens (0-11)      |
| Weekday         | Number  | Week number, when the accident happens (0-6) |
| Year            | Number  | Year                                         |
| Crossing        | Boolean | Is the current point crossing?               |

The task of the model is predicting the probability of an accident occurring for a specific transport hub (point) at any given time. The input layer of the neural network contains data on traffic accidents in the city of Barcelona for period from January 2010 to December 2021. Accordingly, 737712 observations (predictors), in turn, each observation consists of 29 characteristics, which are partially shown in Tab. 1. Observations were segmented and linked to a specific node. Also, the input dataset was enriched, by empirical observations, at those time (data discretized hourly) when the transport node had a zero emergency, i.e. Severity=0.

After the formation and normalization of the input data, the training and test sets are created. In this study, we used classical distribution [2]: 70% educational and 30% test. The formation of sets is based on the distribution of observations segmented by the transport node. This makes it possible to evaluate the possibility of applying the model for a new transport node (the data of which were not used when training the model). In order to evaluate the quality of the prediction, a loss function is used, which determines the difference between the original (predicted values) and the known in advance. The basis of neural network learning is the minimization of this value [3]. In this work, the Root-Mean-Square Error method (1) is used.

$$\text{cost} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2, \quad (1)$$

where  $n$  – number of the observations,  $Y$  – actual values vector,  $\hat{Y}$  – predicted values vector.

After training the model, we need to evaluate its performance. In this case, the Mean Absolute Percentage Error method (2) is used to evaluate the quality of the network.

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right|, \quad (2)$$

where  $A_i$  – actual value,  $F_i$  – predicted value,  $n$  – number of the observations.

The learning process (Fig. 1) proceed until the stage when the network can predict the correct output value based on the input (training sample), or get as close to it as possible.

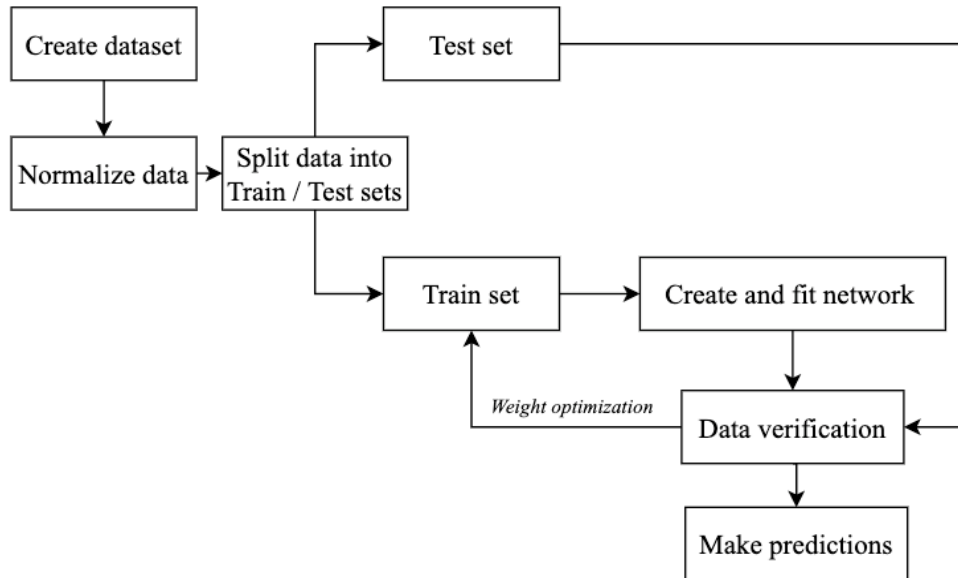


Fig. 1. Structure of neural network learning process

In the learning process, the best parameters of the network are experimentally determined - the number of internal layers, the number of neurons, the number of learning epochs and optimization methods.

Optimal parameters and network architecture are given in Tabale 2.

Table 2. The neural networks configuration

| Layer               | Description           | Neurons                               | Activation function |
|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Input layer         | Neural network inputs | 29 (inputs)                           | -                   |
| 1                   | Hidden layer 1        | 9 – perceptron., 16 - LSTM            | ReLU                |
| 2                   | Hidden layer 2        | 10 – perceptron, 8 - LSTM             | ReLU                |
| 3                   | Output layer          | 1                                     | -                   |
| Optimization        |                       | Adam / SGD with Nesterov momentum     |                     |
| Optimal epoch count |                       | 27 – perceptron, 30000 – LSTM         |                     |
| Loss function       |                       | Mean squared error                    |                     |
| Accuracy function   |                       | Mean absolute percentage error (MAPE) |                     |

Conclusions. As a result of training, we got a prediction with accuracy of 81% (for the LSTM network) and 65-66% (Multilayer perceptron). Training and testing were carried out on data (predictors) of unrelated transport points, which allows apply this network to to other locations (for which there is no previous observation history). Basis on the obtained results, the expediency and possibility of using the neural network for this task. The obtained results can be improved by expanding the input characteristics and the number of observations. The developed neural network models are universal and can be easily applied to any transport location.

## References

1. Barcelona City Council Open Data Service, 2022. [Online]. Available from: <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/en/dataset/accidents-gu-bcn/resource/acc9db4c-17b2-4862-8bcc-ed216f8e5839>. Accessed on: August 10, 2022.
2. Jayesh Bapu Ahire. The Artificial Neural Networks. Part 1, 2018, [Online]. Available from: <https://www.datasciencecentral.com/the-artificial-neural-networks-handbook-part-1>. Accessed on: May 17, 2022.
3. Simon Haykin – Neural networks. A comprehensive Foundation. Second edition, 919-925, 2020.

**Ігор Арутюнян**, магістрант гр. АТ-21М, **Михайло Красота**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
[krasotamv@ukr.net](mailto:krasotamv@ukr.net)

## Аналіз типових несправностей гальмівних пневматичних систем автомобілів

За даними статистики дорожньо-транспортні пригоди, обумовлені несправностями гальмівної системи автомобілів, складають 40...45% від загальної кількості аварій, що відбуваються з технічних причин.

Наведемо основні несправності гальмівної системи, що з'являються в процесі експлуатації автомобіля під дією зносу, старіння та інших факторів [1,2].

Недостатня ефективність гальмування може бути викликана зменшенням коефіцієнта тертя між гальмівними колодками і барабанами внаслідок зносу або замаслювання фрикційних накладок, збільшення зазору між ними [3].

Несинхронне гальмування всіх коліс може привести до занесення автомобіля, причини цього: неоднакові зазори між фрикційними накладками і гальмівними барабанами, замаслення накладок, знос колісних гальмівних циліндрів або поршнів (гідропривід), розтягування гальмівних діафрагм (пневмопривід), нерівномірний знос гальмівних або фрикційних накладок.

Заїдання гальмівних механізмів відбувається при обриві стяжних пружин гальмівних колодок, сильному забрудненні гальмівних барабанів або валиків гальмівного приводу, обриву заклепок гальмівних накладок і заклинювання їх між колодкою і барабаном (диском). У автомобілів з гідроприводом заїдання виникає при заклинювання поршнів в гальмівних циліндрах або при засміченні компенсаційного отвору головного гальмівного циліндра.

Провалювання гальмівної педалі при гальмуванні у автомобілів з гідроприводом відбувається внаслідок попадання повітря в гальмівну систему.

Гальмування автомобілів при відпущеній педалі відбувається через нещільну посадку впускного клапана управління гальмівного крана, відсутність зазору між штовхачем і поршнем (гідропривід).

Слабкий тиск в системі і витік повітря (пневмопривід) бувають через прослизання пасу компресора, витоків повітря в з'єднаннях і трубопроводах магістралі, нещільності прилягання клапанів до сідел компресора.

Виконаний аналіз типових несправностей пневматичних гальмівних систем автомобілів підтвердив, що робочі процеси функціонування пневмопривода автомобіля, що вийшли за допустимі норми технічного стану, впливають на механізм формування несиметрії гальмівних сил по бортах автомобіля. Дані показники дозволяють визначити причини, як впливають на параметри процесів загальмування колеса, такі як: час наростання тиску стисненого повітря в приводах гальмівних механізмів, величина зсуву за часом цих максимумів для різних коліс, витоку стисненого повітря в пневмоприводи.

### Список літератури

1. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
2. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. — Київ : Літера ЛТД, 2017. — 224 с.
3. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підруч. /Лудченко О.А. - К.: Знання, 2004. - 478с.

**Ярослав Денисенко**, магістрант гр. АТ-22М, **Михайло Красота**, доц., канд. техн. наук,  
**Руслан Осін**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*krasotamv@ukr.net*

## Аналіз радіочастотної ідентифікації об'єктів на транспорті

Одна з технологій, яка допомагає ідентифікувати об'єкти на транспорті на етапі логістики, — використання RFID-системи. RFID або radio frequency identification – це система ідентифікації об'єкта на відстані за допомогою радіохвиль. Вона знайшла широке застосування у різних сферах. Наприклад, за її допомогою здійснюють платіжні операції, проводять швидку інвентаризацію товарів, контролюють переміщення об'єктів. На основі RFID-технології також працюють системи контролю та обліку доступу [1,2].

Завдяки RFID-системі можливо автоматизувати транспортні операції, покращити кількісно-якісний облік, тобто повністю контролювати логістику підприємства.

Використання RFID-системи допомагає виключити такі проблеми, як:

- помилки оператора при ідентифікації транспорту, при заповненні форм та при внесенні даних до керуючої системи;
- додаткові витрати часу оператора для перевірки транспорту та документації, що створює черги під час пікових навантажень,
- шахрайство із завантаженням/відвантаженням продукції, з оцінкою якості продукції у лабораторії.

Головне завдання RFID-систем в транспортних процесах – швидко ідентифікувати транспортний засіб та синхронізувати дані щоразу, коли машина проходить через важливі контрольні точки транспортної логістики. В систему входять кілька типів обладнання: мітки, що монтуються на транспорт або причіпну техніку, а також зчитувачі та антени.

Мітка – це чіп з певним номером. Її прикріплюють на транспорт, наприклад, лобове скло автомобіля. В обліковій системі кожна мітка прив'язується до певної машини, а під час транспортування зчитувачі та антени на контрольних точках автоматично визначають, що це за транспорт.

RFID-системи застосовуються в багатьох секторах транспортної інфраструктури, наприклад [3, 4]:

- автоматизація шлагбаумів житлового двору;
- автоматизація воріт приватного будинку.
- автоматизація КПП великих підприємств: нафтобази, гірничовидобувного підприємства, копальні або кар'єру, включаючи реєстрацію рейсів безконтактно з можливістю інтеграції з інформаційними системами підприємства.
- автоматизація КПП малих підприємств;
- автоматизація КПП агроферм, сільськогосподарських підприємств – застосування RFID на ваговій з можливістю інтеграції з більшістю цифрових ваг;
- автоматизація заїзду на платне паркування;
- автоматизація здійснення оплати на дорогах (або платних ділянках доріг, мостів, тунелів).
- застосування RFID для фіксації виходу в рейс для водіїв автобаз.

- автоматизація КПП лікарень, шпиталів для проїзду карет швидкої медичної допомоги, автомобілів екстрених служб.

Найпопулярнішою на транспорті RFID-міткою є ключі сучасних автомобілів, вони містять у головці вбудований транспондер, зчитувач якого розташований у замку запалювання. Ідентифікатор у транспондері ключа управляє роботою іммобілайзера [5].

Останнім часом стала успішно використовувати систему безключового доступу на основі RFID-карти. При цьому зчитувач визначає ідентифікатор карти на більшій відстані, ніж у випадку RFID-ключа та розблокує центральний замок автомобіля при наближенні власника.

Швидкісні автомагістралі зазвичай використовують кілька альтернативних способів оплати користування. Найбільш зручним способом є використання ближньої RFID, коли мітка в автомобілі зчитується пристроєм у зоні проїзду.

Переваги таких систем очевидні, вони забезпечують більш високу пропускну здатність і зменшують ризик шахрайства.

Використання автоматизованої ідентифікації проїзних документів дозволяє не лише зменшити витрати на заробітну плату контролерів, лічильників готівки та іншого персоналу, а й одночасно автоматизувати облік пасажиропотоків, нарахування податків та дотацій автопідприємствам, які здійснюють перевезення пасажирів.

При цьому єдиної стандартної системи автоматизованої оплати проїзду ще не склалося. Цікаві приклади реалізації таких систем у нас у країні та за кордоном.

Однією з перших таких систем пасажирського транспорту була система оплати проїзду у міському транспорті. На автобусах встановлювалися турнікети на кшталт метрополітену.

Досвід використання таких систем показав, що наявність контролера в салоні автобуса значно збільшує виторг. Тому найпопулярнішою автоматизованою системою залишається використання мобільних терміналів контролерами. Баланс картки поповнюється у спеціалізованих пунктах чи платіжних терміналах.

Набуває популярності безкондукторна автоматизована система оплати проїзду. Фактично проїзні квитки купуються заздалегідь у будь-якому доступному місці, зазвичай, у тютюнових кіосках. При вході до автобуса необхідно зареєструвати квиток в електронному компостері. Компостер ставить точний час реєстрації документа. Після цього документ може бути використаний на будь-якому маршруті протягом часу його придатності, починаючи з часу проставленого компостером.

Висновок. Виконаний аналіз особливостей радіочастотної ідентифікації дає можливість стверджувати, що даний метод є ефективним та економічно-доцільним і повинен більш широко впроваджуватися в галузі автомобільного та інших видів транспорту.

#### Список літератури

1. Алексеев О. П. Технические средства управления движением автотранспортных средств / О. П. Алексеев, А. Г. Гурко // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Харьков: ХИПБ. 1998 – Юб. вып. Часть 2. – С. 29-34.
2. О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко. Інформаційні технології на автомобільному транспорті : навч. посібник / О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко. – Кременчук : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2013. – 300 с.
3. Roberto Horowitz. Automated Highway System: The Smart Way to Go. In: – Proceedings of the 8th IFAC Symposium on Transportation Systems, Chania, Greece, 1997. – P.452-463.
4. M. Kourjanski. M. Broucke. Car-driver models for manual and automated travel. In: – Proceedings of the 8th IFAC Symposium on Transportation Systems, Chania, Greece. 1997. – P.52-56.
5. Охранные системы для автомобилей. – Електрон. дані. – Режим доступу: [www.avto-city.com.ua](http://www.avto-city.com.ua), [www.avto-city.com.ua/avto-sovet/1052.html](http://www.avto-city.com.ua/avto-sovet/1052.html)

**Владислав Івашенко**, магістрант групи AI(ТС)-21М, **Руслан Осін**, доц., канд. техн. наук,  
**Михайло Красота**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*krasotamv@ukr.net*

## Методи діагностування систем живлення дизельних двигунів

Найбільш навантаженим у процесі експлуатації автомобіля є силовий агрегат, у більшості випадків це двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). При експлуатації з часом відбувається зміна регульованих параметрів, виникають несправності, що супроводжуються зменшенням потужності та збільшенням витрат палива.

Основною причиною виникнення несправностей деталей ДВЗ є зношування, внаслідок чого змінюється їх геометрія, збільшуються зазори між парами тертя. На збільшення зносу впливає безліч факторів: стиль водіння, умови експлуатації, несвоєчасне або некваліфіковане обслуговування, низька якість паливно-мастильних матеріалів, робота з детонацією, калільним запаленням, несправними системами мащення та охолодження та інші причини.

Як наслідок, зростають експлуатаційні витрати та проблеми у роботі. Експлуатація зношеного двигуна призведе до його пошкодження, а ремонт двигуна, що отримав пошкодження, вимагає великих капітальних вкладень. Найчастіше зміни характеристик дизельного двигуна викликається несправністю паливної апаратури, яку доводиться 40%-50% всіх відмов, що у дизельному двигуні. Для виявлення несправностей потрібне проведення діагностичних робіт.

На систему живлення припадає 9% несправностей автомобілів із дизельними двигунами. Оскільки надійність сучасних двигунів досить висока, відмови рідко відбуваються спонтанно, зазвичай є наслідком розвитку дефекту вузла.

Системи живлення дизельного двигуна призначена для розміщення, очищення та своєчасної подачі паливоповітряної суміші в циліндри в потрібній кількості та під достатнім тиском на всіх режимах його роботи за будь-якої температури навколишнього повітря. Тому, відхилення в її роботі миттєво відображаються на робочих показниках двигунів, а отже існує гостра необхідність у точному та своєчасному діагностуванні системи живлення.

Це зумовлює необхідність удосконалення існуючих та розробки нових методів та засобів діагностування системи живлення дизельних двигунів.

Дизельні транспортні засоби сучасності характеризуються досить високим рівнем надійності всіх своїх компонентів та вузлів. При своєчасній заміні вийшли з ладу і елементів дизельного двигуна, що зносилися, ризик їх несподіваної відмови в процесі експлуатації практично зводиться до нуля. Тому дуже важливо своєчасно проводити точне діагностування можливих несправностей [1].

При проведенні діагностичних робіт важливим є виявлення всіх можливих причин несправностей, такий підхід дозволить скоротити час і витрати і уникнути помилок.

Існує багато методів та способів безрозбірної діагностики ДВЗ:

1 Тепловий контроль - заснований на вимірюванні, моніторингу та аналізі температури контрольованих об'єктів. Процес передачі теплової енергії, виділення та поглинання тепла в об'єкті призводить до того, що його температура змінюється щодо навколишнього середовища. Розподіл температури по поверхні об'єкта є основним

параметром в тепловому методі, так як несе інформацію про процес теплопередачі, його внутрішню структуру та наявність прихованих внутрішніх дефектів. Для отримання детальних теплограм працюючих агрегатів використовуються мобільні тепловізійні камери;

2. Комп'ютерне діагностування – підключення до електронного блоку керування зовнішнього комп'ютера (мотор-тестер та сканер). З його допомогою зчитуються коди помилок, значення сигналів з різних датчиків та процесора управління;

3. Аналіз складу та кількості відпрацьованих газів - дозволяє зробити висновок про характер та умови протікання процесу згоряння, а за значенням коефіцієнта надлишку повітря оцінити максимально допустиме зношування деталей циліндропоршневої групи;

4. Технічне ендоскопування - перевірка технічного стану вузлів та деталей, які мають важкий доступ до них (наприклад, камеру згоряння через отвори свічок запалювання);

5. Вимірювання компресії - призначений для вимірювання та контролю компресії в циліндрах бензинових двигунів внутрішнього згоряння легкових машин, вантажівок та мотоциклів. Вимірювання проводяться на прогрітому двигуні, через отвори для свічок запалювання;

6. Аналіз хімічних елементів - визначення вмісту хімічних елементів у різних речовинах, що знаходяться в твердому, порошкоподібному або розчиненому станах, а також нанесених на поверхні та осаджених на фільтри;

7. Віброакустичний - фіксування та відповідна обробка параметрів вібрації, що виникають під час роботи контрольної групи.

Методи технічного діагностування, що не потребують розбирання двигуна, зарекомендували себе як універсальні та оперативні, що дозволяють комплексно оцінити стан ДВЗ [6,7].

Більшість розглянутих методів мають малу інформативність, за деякими параметрами важко встановити точну причину несправності. Відносне різноманіття методів пояснюється тим, що жоден з них не дозволяє врахувати всі вимоги до формування діагнозу зі 100% достовірністю, оскільки вони несуть специфічну інформацію різної цінності. Жоден із методів не дозволяє оцінити стан двигуна з достатнім ступенем деталізації. За допомогою поєднання ряду методів можна здійснити більш глибокий контроль, проте це для цього потрібні спеціальні умови.

Для розробки нового методу діагностування на підставі оцінки інформативності та економічної вигоди найбільш відповідним поєднанням є методи комп'ютерної діагностики та аналізу складу та кількості відпрацьованих газів.

### Список літератури

1. Говорущенко, Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Н.Я. Говорущенко. - Харьков: Вища школа, 1984 - 312 с.
2. Система питания дизельного двигателя [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://avtodvigateli.com/detali/sistema-pitaniya-dizelya.html>.
3. Анализ известных способов диагностирования двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://studref.com/541509/tehnika/analiz\\_izvestnyh\\_sposobov\\_diagnostirovaniya\\_dvigatoley\\_vnutrennego\\_sgoraniya](https://studref.com/541509/tehnika/analiz_izvestnyh_sposobov_diagnostirovaniya_dvigatoley_vnutrennego_sgoraniya).
4. Основные неисправности дизельных двигателей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://kovsh.com/library/diesel\\_fuel\\_system/diesel\\_engine\\_troubles/osnov\\_neisprav\\_dizeln\\_dvigatel](https://kovsh.com/library/diesel_fuel_system/diesel_engine_troubles/osnov_neisprav_dizeln_dvigatel).
5. Неисправности дизельного двигателя [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://dizelmaster.ru/stati/neispravnosti-dizelnogo-dvigatelja>.
6. Дизельные форсунки: особенности конструкции [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://krutimotor.ru/ustrojstvo-forsunki-dizel/>.
7. Система питания дизельного двигателя [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://avtodvigateli.com/detali/sistema-pitaniya-dizelya.html>.

Дмитро Костюк, магістрант гр. АТ-21М, Руслан Осін, доц., канд. техн. наук, Михайло Красота, доц., канд. техн. наук,  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
krasotamv@ukr.net

## Зміцнення поверхонь алюмінієвих деталей мікродуговим оксидуванням

Алюміній та алюмінієві сплави знаходять все ширше застосування в машинобудуванні завдяки своїй малій питомій вазі та високій корозійній стійкості. Однак, ряд недоліків алюмінію, таких як низька міцність, підвищена пластичність, висока хімічна активність обмежують застосування даного матеріалу [1].

Для поліпшення характеристик алюмінієвих сплавів використовують різні види поверхневого зміцнення. Найбільш ефективним є метод мікродугового оксидування (МДО) поверхні алюмінієвих деталей. Даний метод дозволяє отримати керамікоподібне покриття з високими механічними властивостями - твердістю та зносостійкістю, а також високою стійкістю у хімічно активних середовищах. Товщина такого покриття може сягати 300-600 мкм [2, 3].

Мікродугове оксидування є електрохімічним процесом, що протікає на поверхні алюмінієвих деталей, поміщених в середу електроліту. Електролітом, як правило, є водний розчин лугів чи солей натрію, калію та інших елементів. Для активації процесу МДО на деталь та ванну з електролітом подається напруга вище 600 В. Струм протікає через систему зразок – електроліт – ванна [4].

МДО дозволяє створювати на поверхні деталі керамічні багатофункціональні покриття, що відрізняються високою зносостійкістю та міцністю зчеплення, теплостійкістю та стійкістю до дії агресивних середовищ. Простота технологічного обладнання, екологічно чисті електроліти, відсутність спеціальних вимог до підготовки поверхні перед нанесенням покриттів визначають перспективність методу МДО для машинобудування, а також відновлення та зміцнення зношених деталей.

Сутність МДО полягає в тому, що під дією високої напруги, що прикладається між деталлю і електродом, що знаходиться в електроліті, на поверхні деталі виникають мігруючі точкові мікродугові розряди, під термічним, плазмохімічним і гідродинамічним впливом яких поверхневий шар деталі переробляється в керамічне покриття.

Процес МДО складається з декількох стадій, що послідовно протікають. Спочатку відбувається формування діелектричної плівки в безіскровому режимі, при цьому механізм процесу аналогічний традиційному анодуванню металів у водних електролітах. У іскровому режимі на поверхні відбувається рівномірне світіння дрібних іскор, що переміщуються, в мікродуговому - переміщення більших жовточервоних розрядів, а при дуговому режимі відбувається часткове руйнування покриттів. Причини переходу від однієї стадії процесу оксидування до іншої пояснюються змінами в області об'ємного заряду у структурі покриття та змінами електричних та теплових параметрів здійснення мікроплазмових розрядів [5].

Поєднання високого рівня низки характеристик МДО-покриттів, багатофункціональності цих покриттів та переваг технології їх нанесення визначає можливість застосування модифікованих методом МДО деталей у різних галузях промисловості в найрізноманітніших вузлах обладнання. Виділимо основні напрямки, де МДО знаходить широке застосування:

1. Заміна важких металевих сплавів або дорогих композитних матеріалів легкими металами (Al, Ti, Mg та їх сплави та ін) з МДО-покриттями.
2. Нанесення керамічних покриттів методом МДО кілька разів дозволяє

підвищити термін служби деталей, зменшити виробничий шлюб і час заміну зношених частин, і навіть розширити асортимент запропонованої високоякісної продукції. Ефективність технології МДО дозволяє розраховувати масштабне заміщення традиційних технологій обробки поверхні (гальваніка, анодування та інших.) на МДО, що забезпечує вищі фізико-механічні характеристики.

3. Технологія МДО дозволяє відновити зміни зношених деталей і значно підвищити довговічність відновлених деталей машин в сучасних умовах готу ремонту виробництва.

4. Зважаючи на широко регульовану пористість (розміри пор 0,01-10 мкм) шляхом управління режимами МДО і складами електролітів покриття може служити матрицею, на яку наносяться полімерні матеріали (фторопласти, поліаміди, лаки тощо), що в результаті дозволяє збільшити зносостійкість та корозійний захист основного матеріалу вдесяти разів, а також може служити як підшар під подальше фарбування, при цьому МДО покриття забезпечує високоміцне зчеплення барвників з поверхнею деталі і підвищує її корозійну стійкість.

У машинобудуванні найчастіше МДО-покриття наносяться на пари тертя, підшипники ковзання, зубчасті передачі, поршні, циліндри, торцеві ущільнення для двигунів внутрішнього згоряння, верстатів та машин різного призначення в суднобудуванні, авіаційній промисловості, деталі для сільськогосподарської техніки [6] та ін. Зміцнення деталей циліндропоршневої групи дає підвищення зносостійкості в 10-15 разів, зниження механічних витрат на 40-50%, маси, матеріаломісткості та теплонавантаженості, підвищення ККД на 2-15% [4]. Крім кратного збільшення зносостійкості та напрацювання на відмову, використання алюмінієвих сплавів з МДО-покриттями істотно покращує динамічні характеристики деталей вузлів, що рухаються (алюміній легше сталі майже в 3 рази) [4].

Області застосування МДО-покриттів та технології МДО не обмежуються наведеними прикладами, оскільки можливості методу досліджені ще не повністю, і номенклатура деталей з МДО-покриттями постійно коригуватиметься і безсумнівно розширюватиметься.

Висновки. Метод МДО являє собою процес, при якому поєднується плазмовий та електрохімічний механізм формування оксидного шару. МДО є гнучкою та екологічно чистою технологією зміцнення поверхневого шару алюмінію та його сплавів, перетворенням їх у оксидну кераміку з унікальним комплексом властивостей, що дозволяють використовувати деталь у різних галузях промисловості.

На основі літературних даних та виконаних досліджень розглянуто актуальні питання щодо технології МДО, надалі планується розробити практичні рекомендації щодо визначення оптимальних технологічних параметрів МДО для отримання покриттів з необхідними характеристиками та методики контролю багатофункціональних МДО-покриттів.

#### Список літератури

1. Тихоненко, В.В. Упрочняющие технологии формирования износостойких поверхностных слоев [Текст] / В.В. Тихоненко, А.М. Шкилько // Фізична інженерія поверхні.- 2011,- Т. 9, № 3. - С. 237-243.
2. Шкилько, А.М. Анализ способа упрочнения деталей микродуговым оксидированием [Текст] / А.М. Шкилько, В.В. Тихоненко // Вісник Національного технічного університету „ХПІ”: зб. наук, праць. Тематичний вісник: Нові рішення в сучасних технологіях.- 2010. - № 46. - С. 252-257.
3. Hanshan D. Surface engineering of light alloys. Aluminium, magnesium and titanium alloys / D. Hanshan. – Woodhead Publishing Limited, 2010.
4. H. Yamagata, The science and technology of materials in automotive engines. Cambridge: Woodhead Pub. and Maney Pub. on behalf of The Institute of Materials, Minerals & Mining, 2005.
5. Beer S., Klodt J., Moding H., Sommer B., Vogt O., Kohler H., Bredenbreuker U., Niehues J. Aluminum Cylinder Blocks // Munich, Germany: Verlag Moderne Industrie, 2006, pp. 70–90.
6. Thomas F. Klimowicz; David M. Schuster. The Physical and Mechanical Properties of Duralcan Aluminum Composites: For Presentation at the 48th Annual Conference of the Society of Allied Weight Engineers, Inc.; Alexandria, Virginia, 22–24 May, 1989.

**Ярослав Стародумов**, магістрант гр. АТ-22М, **Михайло Красота**, доц., канд. техн. наук,  
**Руслан Осін**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*krasotamv@ukr.net*

## Огляд методів ідентифікації об'єктів на транспорті

У будь-якій системі для ефективного керування необхідно своєчасно отримувати достовірну інформацію про об'єкти керування. Наприклад, транспортних системах при обробці вантажів на складах та у процесі їх транспортування важливу роль відіграє чітка та швидка ідентифікація вантажу. Склад повинен отримувати продукцію, ефективно вести облік та відвантажувати її [1-4].

При неправильному сортуванні товару виникають помилки в обліку товару та його відвантаженні, що викликає конфлікти з клієнтами, підвищує вартість відвантаження та накладні витрати. Якщо станеться навіть одна помилка, вона неминуче спричинить інші.

На сьогодні на автомобільному транспорті використовується ряд методів ідентифікації транспортних засобів, вантажів та водіїв. Автоматичне визначення основних параметрів вантажу є основою всіх систем автоматизації складських робіт.

Один з найбільш поширених методів ідентифікації вантажів є оптична ідентифікація – штрихове кодування. Сфера використання кодування об'єктів на основі лінійних та двовимірних символів на автомобільному транспорті досить велика, хоча останнім часом вони витісняються досконалішими засобами ідентифікації [5].

Метод ідентифікації транспортних засобів за допомогою відеокамер базується на використанні системи оптичної ідентифікації за допомогою передавальних відеокамер, призначених для автоматичного визначення типу ТЗ або номера автомобіля та занесення визначеного номерного знаку та зображення ТЗ до бази даних на сервері [5].

Передавальна відеокамера – пристрій, призначений для перетворення оптичного зображення, одержуваного за допомогою об'єктиву на мішені вакуумної передаючої трубки або світлочутливої матриці в телевізійний відеосигнал або цифровий потік відеоданих.

Система заснована на комп'ютерному аналізі відео. Відеокамера кріпиться на спеціально виготовленій опорі або на існуючих конструкціях. Для освітлення у темний час доби використовується інфрачервоний освітлювач, обладнаний датчиком освітлення.

Під час проходження автомобіля чи залізничного вагона у зоні контролю відбувається аналіз відеосигналу та розпізнавання ТЗ чи його номера. У базі даних для кожного транспортованого засобу, що контролюється, зберігається фотографія його номера, що дозволяє при ручному контролі при необхідності звірити номер, занесений до бази даних, із зображенням.

Метод ідентифікації за допомогою смарт-карток використовується для ідентифікації водія чи пасажирів [6]. Смарт-картки (англ. smart card) – пластикові картки із вбудованою мікросхемою (англ. integrated circuit card, ICC – карта з інтегрованими електронними ланцюгами). У більшості випадків смарт-карти містять мікропроцесор та операційну систему, що контролює пристрій та доступ до об'єктів у його пам'яті. Крім того, смарт-картки, як правило, мають можливість проводити криптографічні операції.

Призначення смарт-карток – одно- та двофакторна автентифікація користувачів, зберігання ключової інформації та проведення криптографічних операцій у довіреному середовищі.

Смарт-картки знаходять все ширше застосування в різних галузях, від систем

накопичувальних знижок до кредитних та дебетових карток, студентських квитків, телефонів стандарту GSM та проїзних квитків. На транспорті смарт-картки можуть застосовуватися, наприклад, при оплаті проїзду, паркування тощо.

Недолік – більш висока вартість, недостатня механічна міцність, хоча це спірне питання, особливо з початком виробництва чипів на полімерній основі.

Переваги:

- збільшується ступінь захисту від підробки;
- внутрішня підтримка базових операцій із обробці інформації;
- підвищуються експлуатаційні характеристики (зберігання інформації понад 10 років, мінімальна кількість перезаписів – 10000, діапазон робочих температур: -20 до +50°C;
- можливе використання в режимі of-line;
- смарт-картки дозволяють зберегти анонімність операції.

Метод радіочастотної ідентифікації (RFID) найбільш поширений на теперішній час.

Системи на базі RFID були вперше випробувані під час Другої світової війни та застосовувалися американцями для того, щоб розрізняти свої та ворожі літаки.

Типова система RFID складається з радіочастотної мітки або тега (англ. tag, transponder), зчитувача інформації (англ. reader) та пристрої для обробки інформації – комп'ютера. Мітка та зчитувач зв'язуються між собою радіочастотним каналом [6,7].

Транспондери RFID стали називати радіомітками, оскільки вони несли ідентифікаційний код об'єкта, до якого прикріплювалися, позначали його. Зчитувальні пристрої іноді називають опитувальниками (interrogators), (лат. interrogator - запитує). Складається з передавача та антени, за допомогою яких випромінюється електромагнітне поле певної частоти [8].

Синонім RFID-радіомітки - transponder складено з двох англійських слів (Transmit – передати) і (Respond - відповісти) «приймач» і означає суть роботи з RFID, прийняти електромагнітний сигнал і відповісти ідентифікаційним кодом у вигляді електромагнітного сигналу, тобто ретранслювати його.

Висновки. Використовуючи один з існуючих методів ідентифікації об'єктів автомобільного транспорту можливо уникнути ручного введення даних про транспортні засоби (ТЗ) та вантажі, що дозволить суттєво підвищити ефективність роботи транспортної системи.

### Список літератури

1. Алексеев О. П. Технические средства управления движением автотранспортных средств / О. П. Алексеев, А. Г. Гурко // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Харьков: ХИПБ. 1998 – Юб. вып. Часть 2. – С. 29-34.
2. Григоров М. А. Проблемы моделирования и управления движением транспортных потоков в крупных городах: монография / М. А. Григоров, А. Ф. Дашенко, А. В. Усов. – Одесса: Астропринт, 2004. – 272 с.
3. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування: підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – К. : Либідь, 1997. – 544 с.
4. Четверухін Б. М. Основи теорії систем і системного аналізу : навчальний посібник / Б. М. Четверухін, П. Р. Левковець, О. І. Мельниченко, О. Б. Четверухіна. – К.: НТУ, 2004. – 272 с.
5. О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко. Інформаційні технології на автомобільному транспорті : навч. посібник / О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко. – Кременчук : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2013. – 300 с.
6. Roberto Horowitz (). Automated Highway System: The Smart Way to Go. In: – Proceedings of the 8th IFAC Symposium on Transportation Systems, Chania, Greece, 1997. – P.452-463.
7. M. Kourjanski. M. Broucke. Car-driver models for manual and automated travel. In: – Proceedings of the 8th IFAC Symposium on Transportation Systems, Chania, Greece. 1997. – P.52-56.
8. Охранные системы для автомобилей. – Електрон. дані. – Режим доступу: [www.avto-city.com.ua](http://www.avto-city.com.ua), [www.avto-city.com.ua/avto-sovet/1052.html](http://www.avto-city.com.ua/avto-sovet/1052.html)

**Олександр Чернобай**, магістрант гр. АТ-21М, **Михайло Красота**, доц., канд. техн. наук,  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*krasotamv@ukr.net*

## Аналіз технологій та матеріалів для захисту поршнів автомобільних ДВЗ

Поршень двигуна – один із основних складових елементів циліндро-поршневої групи. Він сприймає тиск газів, що утворюються при згорянні паливно-повітряної суміші, а потім передає його на шатун.

Поршні автомобільних і тракторних двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) є деталями, що працюють у важких умовах: при знакозмінних навантаженнях та високій температурі. З метою зменшення навантажень зворотно-поступально рухомих мас і для поліпшення тепловідведення від стінок і днища поршні роблять тонкостінними.

Умови роботи циліндропоршневої групи визначають необхідність точної обробки поверхонь деталей у з'єднаннях та застосування матеріалів високої якості.

У зв'язку з підвищення температурної напруженості роботи поршнів, висуваються високі вимоги до матеріалів та технологій виготовлення, оскільки вони безпосередньо впливають на процес згорання палива і, відповідно, на шкідливі викиди.

Для підвищення експлуатаційних характеристик поршнів, їх робочі поверхні покривають теплозахисними покриттями.

Теплозахисне покриття поршня повинно мати низьку теплопровідність, близько 0,6 Вт/м·К. Тепловий бар'єр, що створюється таким теплозахисним шаром, повинен бути не менше 70...100 °С, щоб забезпечити суттєвий вплив на термодинамічний цикл ДВЗ. При цьому його товщина повинна становити 0,12...0,2 мм [1].

В якості теплозахисних покриттів на сьогоднішній день використовують ряд матеріалів та технологій їх нанесення.

Поршні з корундовим покриттям застосовують для зниження витрати палива. Поршень проходить гальвано-плазмову обробку днища поршня та кільцевого пояса, на зовнішній поверхні яких утворений корундовий шар завтовшки до 0,2 мм. Такий тип обробки заснований на перетворенні поверхневого шару деталі з алюмінієвого сплаву корунд з високою адгезією до основного металу. Таким чином вирішується проблема запобігання відшаровуванню теплоізолюючих покриттів.

Теплозахисний корундовий шар на поршні двигуна, зменшуючи тепловідведення через поршень, дозволяє краще використовувати тепло для організації процесу згорання та підвищення економічних показників двигуна. Помірне підвищення температури корундового поверхневого шару товщиною 0,15 - 0,2 мм дозволило знизити витрату палива від 1,7% до 10% у всьому діапазоні навантажень двигуна [2].

Поршні з керамічним покриттям також застосовуються в ДВЗ. Кераміка має ізолюючі властивості, а саме здатність поглинати тепло в шарах біля поверхні поршня. Цей шар є ефективним ізолятором та утримує тепло від проникнення в матеріал. Найчастіше керамічне покриття наноситься на днище поршня і камеру згорання. Також, як і у випадку з корундовим покриттям, керамічне може носитися і в область розташування поршневих кілець.

Головними перевагами керамічного покриття є: стійкість до високих температур, висока хімічна стійкість, висока твердість, низька щільність, стійкість до зношування, низький коефіцієнт теплопровідності, висока межа міцності на стиск.

Переважним з'єднанням в даному випадку є діоксид цирконію ( $ZrO_2$ ), що володіє низькою теплопровідністю і високим коефіцієнтом теплового розширення [3].

Одним із способів зменшення шкідливих викидів з відпрацьованими газами є використання каталітичних матеріалів, зокрема каталітичних нейтралізаторів. Тому, можливе застосування внутрішньоциліндрових каталізаторів, а саме - каталітичного покриття поршня та камери згорання. Вуглеводневі викиди двигунів з іскровим запалюванням виникають через те, що частина палива не окислюється, полум'я згасає в «мертвій зоні» поршня, на стінках камери згорання, а пари палива абсорбуються та десорбуються в шарах оливи на стінках циліндра. Тріщини в стінках камери згорання є головними джерелами вуглеводнів, що не згоріли, оскільки мають невеликий об'єм і вузький вхід. Більшість таких тріщин розташовані у виїмках для ущільнювальних кілець поршня. Більшість джерел вогнетривких вуглеводнів близькі до стінок камери згорання. Отже, вуглеводні, що не згоріли, можна знизити в джерелах їх утворення шляхом нанесення каталітичного покриття на поверхню поршня [4].

Одне з перших випробувань поршнів з каталітичним покриттям було проведено наприкінці ХХ століття на бензиновому двигуні з дископодібною камерою згорання [4]. Поршень був модифікований шляхом створення знімного днища. Для проведення експерименту використовувалося платиново-родієве покриття.

При проведенні випробування використовувалося три види двигунів: модель з поршнем, у якому були покриті верхня та бічна сторони днища; модель з поршнем, у якому була покрита бічна сторона; та модель з поршнем без покриття. При роботі на неестильованому бензині з октановим числом 95 і ступенем стиснення, рівним 9 були отримані наступні результати: платиново-родієве напилювання на днище поршня має незначний ефект на крутний момент двигуна, але це призводить до поступового зниження викидів вуглеводнів, що не згоріли, і невеликому  $NO_x$ .

Таким чином було підтверджено, що зниження вуглеводневих викидів обумовлено каталітичним окисленням незгорілої суміші в джерелах поруч зі стінками, і дослідження пов'язаного з ним впливу на характеристики горіння та двигуна. Слід зазначити, що в дослідженнях визначався також вплив кута випередження запалення на вуглеводневі викиди і оскільки каталітичне покриття не впливало на кут випередження запалювання,

Платиново-родієве покриття пропонується використовувати не тільки в бензинових двигунах, але і в двигунах з запаленням гомогенної суміші від стиснення, які на сьогоднішній день вважаються перспективними. Випробування показали, що використання платиновородієвого каталізатора зменшує викиди вуглеводнів на 15-20%. Крім того, відбувається зниження викидів СО на 7-13% залежно від площі покриття [3, 4].

Таким чином, одним із найбільш перспективних шляхів підвищення екологічної безпеки двигунів внутрішнього згорання є використання каталітичних покриттів у камері згорання двигуна.

Доцільно проведення подальших досліджень бензинових та дизельних двигунів з каталітичним покриттям камери згорання та поверхні поршня, у тому числі шляхом зняття, побудови та розрахунку індикаторних діаграм.

#### Список літератури

1. Ciniviz M., Sahir Salman M., Canli E., Kose H., Solmaz O. (2012). Ceramic Coating Applications i Research Fields for Internal Combustion Engines, Ceramic Coatings - Applications in Engineering, Prof. Feng Shi (Ed.), ISBN: 978-953-51-0083-6, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/ceramic-coatings-applications-in-engineering/ceramic-coating-applications-and-research-fields-for-internal-combustion-engines>.
2. Hu, Z, Ladommatos, N., In-Cylinder Catalysts - A Novel Approach до Reduce Hydrocarbon Emissions від Spark-Ignition Engines // SAE Technical Paper 952419, 1995, doi:10.4271/952419.
3. Zeng W., Xie M. A novel approach до зменшення hydrocarbon emissions from the HCCI engine // Chemical engineering journal, Volume 139, Issue 2, p.380-389, 2008.
4. Dec J.E. Advanced compression-ignition engines - understanding the in-cylinder processes. Proceeds of the combustion institute, 2009 - Elsevier.

**Олег Шарата**, магістрант гр. АТ-22М, **Михайло Красота**, доц., канд. техн. наук, **Руслан Осін**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

[krasotamv@ukr.net](mailto:krasotamv@ukr.net)

## Діагностичні функції системи керування двигуном автомобіля

Тенденції розвитку бортової автомобільної електроніки такі, що спеціалізовані системи управління двигуном, а саме система запалення, система впорскування палива, система пуску холодного двигуна, система стабілізації холостих обертів, система рециркуляції і нейтралізації вихлопних газів та інш. в теперішній час як окремі самостійні системи розробляються обмежено. Їх функції інтегруються в єдину електронну систему автоматичного керування двигуном [1, 2].

Будь-яка сучасна мікропроцесорна система управління автомобіля має розвинуті діагностичні можливості. Ці можливості реалізуються контролером відповідно до програми, закладеної в його пам'яті.

Однією з важливих функцій, що здійснює блок управління, є безперервна самодіагностика як вхідних і вихідних ланцюгів компонентів, так і деяких функцій внутрішнього стану системи. У сучасних блоках управління здійснення функцій самодіагностики займає до 50% ресурсів мікрокомп'ютера [3, 4]. У разі знаходження несправностей у будь-якому ланцюзі (наприклад, відсутність або невідповідність заданому рівню сигналу будь-якого датчика) мікрокомп'ютер записує відповідний даний несправності цифровий код в спеціальну область пам'яті. Щоб отримати інформацію про характер несправності, необхідно здійснити «зчитування» коду з пам'яті комп'ютера.

Для того, щоб переконатися в наявності нормальної напруги живлення і в тому, що вихідний сигнал датчика знаходиться в допустимих межах, робота датчиків відстежується вбудованими діагностичними пристроями.

У тому випадку, коли величина сигналу, що надходить у блок управління від будь-якого датчика, або сукупність сигналів від різних датчиків відрізняється від необхідних значень, мікропроцесор аналізує ситуацію. В результаті, виявляються дефекти датчиків та виконавчих пристроїв, обриви та короткі замикання в електропроводці. Ці дані записуються в пам'ять і одночасно включаються відповідні індикатори, що попереджують водія. Крім того, ця інформація для довготривалого зберігання може бути записана в пам'ять із власним джерелом живлення для перегляду за допомогою спеціальних приладів, які отримали назву "сканери".

Визначення несправностей здійснюється в межах спеціальної сфери стеження за роботою датчиків. У разі систем із програмами зворотного зв'язку, наприклад, контроль тиску, можна також діагностувати відхилення від даного діапазону регулювання.

Під час звичайної експлуатації автомобіля контролер періодично тестує його електричні та електронні компоненти.

При виявленні несправності контролер переходить в аварійний режим роботи, підставляючи алгоритми відповідне значення параметра замість того, що дає несправний блок. Наприклад, якщо контролер виявить несправність у ланцюгу датчика температури охолоджувальної рідини, програма встановить значення температури для штатної роботи двигуна (зазвичай 80 °C) і використовуватиме це значення при реалізації алгоритмів, що управляють, щоб автомобіль залишався на ходу. Замінене значення зберігатиметься в пам'яті

електронного блоку управління. Водій інформується про несправність за допомогою контрольної лампи CHECK ENGINE (або світлодіода), розташованої на панелі приладів.

Шлях проходження сигналу може вважатися неправильним, якщо несправність є більшою за заданий період часу. Якщо одного разу цей період був перевищений, то несправність зберігається в пам'яті електронного блоку управління разом з параметрами умов, за яких вона трапилася (наприклад, температура рідини, що охолоджує, частота обертання колінчастого валу двигуна та ін.). Для багатьох несправностей можлива повторна перевірка датчика, якщо шлях проходження даного сигналу буде визначений при відстеженні як такий, що не має несправності в даному періоді часу. Якщо вихідний сигнал датчика виходить за допустимі межі, відбувається переключення на значення сигналу за замовчуванням.

Ця процедура використовується стосовно наступних вхідних сигналів:

- напруга акумуляторної батареї;
- температура охолоджуючої рідини, повітря на впуску, моторного масла;
- тиск наддуву;
- атмосферний тиск та витрата повітря на впуску.

У разі порушення важливих для руху функцій здійснюється перемикання на функції, що замінюють, які дозволяють водієві доїхати, наприклад, до автосервісу.

До електронного блоку управління висуваються дуже високі вимоги:

- температурний діапазон навколишнього середовища (-40...+70 °C);
- стійкість до дії з боку таких матеріалів, як масло та паливо тощо;
- стійкість до впливу вологості довкілля;
- механічна міцність, наприклад, за наявності вібрацій під час роботи двигуна;
- стійкість до впливу електромагнітних коливань.

Крім видачі кодів, майже всі сучасні блоки управління забезпечують виведення на діагностичний роз'єм потоку цифрових параметрів у реальному масштабі часу. Список цих параметрів включає параметри роботи датчиків, параметри розрахованих сигналом процесором і параметри внутрішнього стану системи.

Блоки управління з розвиненими функціями самодіагностування здатні виводити до 40...50 і більше різних параметрів системи управління.

Поява нових автомобілів, нових систем управління, нових реалізацій, введення нових споживацьких функцій і розширення сервісних послуг, потребує зміни відношення людини до процедур тестування і діагностики.

На поточний момент, стає практично недоцільним, або навіть майже неможливим використання давно застарілих методів, підходів, і попередньої ідеології тестування, яка ще зовсім недавно була заснована лише на ретельному візуальному огляді транспортного засобу та виявленні симптомів несправностей, і моменту їх виникнення, при розмові з клієнтом.

Сучасні методи діагностування дозволяють розвантажити діагноста від монотонних, та зайвих операцій, поклавши всю рутинну роботу по збиранню, аналізу і сортуванню інформації на плечі персонального комп'ютера, однак творча складова та прийняття вірного рішення при діагностуванні поки ще залишається за людиною.

#### Список літератури

1. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. — Київ : Літера ЛТД, 2017. — 224 с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підруч. /Лудченко О.А. - К.: Знання, 2004. - 478с.
3. Босюк П.В. «Комп'ютерна діагностика» для студентів напряму підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт» усіх форм навчання : конспект лекцій / укл. : П.В. Босюк , М.Г. Левкович, В.О. Тесля. — Тернопіль : ТНТУ, 2016. - 129 с.
4. Діагностика мехатронних систем автомобіля / Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков: підручник. — Х.: ХНАДУ, 2016. — 320 с.

**Viktor Aulin**, *Prof., DSc.*, **Andriy Hrynkiv**, *Art. researcher, PhD tech. sci.*, **Serhii Lysenko**, *Assoc. Prof., PhD tech. sci.*

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

*e-mail: AulinVV@gmail.com*

**Andrzej Zduniak**, *Prof., Doctor of Economics*

*Higher School of Security, Poznan, Poland*

## The effectiveness of the cyber-physical system of maintenance and repair of mobile equipment with forecasting elements

The effectiveness of the use and operation of mobile equipment is determined by the strategy and system of maintenance and repair according to regulatory documents on the selection and operation of machines in agriculture in the United States. The costs of maintenance and repair of mobile equipment during the life cycle range from 35 to 175% of the cost of its purchase [1]. Ensuring the durability of mobile equipment in modern conditions requires taking into account a number of factors. Its reliability is established at the stages of design, manufacture and running-in. During normal operation, ensuring a high level of machine failure is achieved due to the maintenance and repair system used. Taking into account the high initial cost of mobile equipment, the reduction of maintenance and repair costs can be the basis of the formation of competitiveness of enterprises that use it effectively.

By the time of disposal, the machine will go through operational cycles. A small cycle, during normal operation, should ensure continuous communication between the machine in operation and its maintenance and repair system. When the diagnostic parameters exceed the maximum allowable values, the machine is taken out of service and goes for overhaul with the following break-in (long operating cycle). Thus, the above makes it possible to ensure high efficiency of the application of a combination of break-in and recovery technologies with automated management of the resource of coupling parts of systems and aggregates and machines as a whole. In the presented algorithm, all stages of the life cycle of parts and their connections are reflected, preventive methods of ensuring the durability of the machine based on an adaptive maintenance and repair system are given. The choice of diagnostic parameters, methods of their evaluation are given from the standpoint of the theory of relative sensitivity (sensitivities) in statistical and dynamic conditions, which are widely covered in the works of prof. V.V. Aulin. [2,3].

However, with all the positive aspects of the adaptive maintenance and repair system, it must be recognized that it has a number of disadvantages that must be taken into account. A comparative assessment of the existing planned and preventive maintenance and repair system, the implemented adaptive and the proposed cyber-physical one with elements of forecasting, are presented in the table. 1.

At the current stage, it is unacceptable to carry out effective maintenance and repair according to a certain mileage or working time, as it is carried out according to the planned preventive system. Determining the specific value of the diagnostic parameter that limits the operation of the machine at the time of inspection (adaptive system) is also not enough: if this parameter has not reached the limit values, then the repair will be premature and, accordingly, will reduce the percentage of use of the installed resource and reduce the economic efficiency of the use of machines.

Table 1 – Comparative characteristics of systems for maintenance and repair of mobile equipment

| The name of the characteristics of the operating systems                                         | The type of maintenance and repair system used                                                   |                                                                                                                                       |                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                  | planned preventive system                                                                        | adaptive system                                                                                                                       | cyber-physical with forecasting elements                                                                         |
| working up to maintenance and repair                                                             | according to a certain mileage or working time                                                   | by technical condition                                                                                                                | according to the forecast of changes in the technical condition                                                  |
| the list of works being carried out                                                              | strictly regulated                                                                               | specified in relation to maintenance and repair standards                                                                             | is optimized to increase the duration of the life cycle of the machine                                           |
| selection of the defining diagnostic parameter                                                   | is determined by carrying out diagnostics upon reaching the maximum mileage or a certain mileage | is partially dynamically determined by the sensor system, ranking is carried out, the most critical technical condition is determined | is dynamically determined by the sensor system, the forecast of changes in the state of the machine is evaluated |
| connection of the real technical condition of the machine with the maintenance and repair system | is based on setting correction factors relative to operating conditions                          | direct, gives data about the real state of the machine                                                                                | direct, analyzes the intensity of changes in the state of the machine, taking into account possible options      |
| the maximum expected use of the machine resource, %                                              | 70...80                                                                                          | 85...90                                                                                                                               | 95...100                                                                                                         |

Increasing the expected use of the machine's resource to 100% is possible only with a direct connection of the real technical condition with the maintenance and repair system, which allows analyzing the intensity of system changes. This is possible only when using the proposed cyber-physical system with forecasting elements. It requires further technical and economic substantiation of the effectiveness of its implementation. However, the conducted theoretical and practical studies show that this is a promising direction of research that corresponds to the current level of ideas about the organization of maintenance and repair of mobile equipment at enterprises that service and operate it.

#### Referens

1. Ajit K. Srivastava, Carroll E. Goering, Roger P. Rohrbach, Dennis R. Buckmaster. *Engineering Principles of Agricultural Machines, 2nd Edition Chapter 15. Machinery Selection and Management*, pp. 525-552 (Copyright 2006 American Society of Agricultural Engineers) [in English].
2. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Zamota T.M. (2016) Zabezpechennia nadiinosti transportnykh zasobiv na osnovi teorii sensytyviv [Vehicle reliability assurance based on the theory of sensitivities]. *Naukovyi zhurnal "Servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksu" - Scientific journal "Service of the agro-industrial, forestry and transport complex"*, №5. S.109-117 [in Ukrainian].
3. Aulin V. V., Hrynkiv A. V., Holovaty A. O. [ta in.] (2020). *Metodolohichni osnovy proektuvannia ta funktsionuvannia intelektualnykh transportnykh i vyrobnychych system: monohrafiia [Methodological bases of designing and functioning of intelligent transport and production systems: monograph]*, Kropyvnytskyi: Lysenko V.F. [in Ukrainian].

**Volodymyr Nerubatskyi**, Associate Professor, PhD, **Denys Hordiienko**, Postgraduate  
*Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine*  
*e-mail: NVP9@i.ua; [D.Hordiienko@i.ua](mailto:D.Hordiienko@i.ua)*

## Analysis of modern technological possibilities for information transmission in railway rolling stock

The development of information technology puts forward new requirements for contacts used in automatic connections of information transmission circuits between cars in railway rolling stock. In this case, the data transfer speed becomes a decisive factor ensuring the reliability of the functioning of various devices [1, 2].

Low reliability and insufficient speed of information transfer between rolling stock units are becoming more and more tangible factors [3, 4]. The more intensive the exchange of information, the higher the required speed of its transmission and the more noticeable the interference. Different systems and subsystems of cars have significantly different requirements for the speed of signal transmission, but all signals must be transmitted through the inter-car interface without distortion from the environment, including electromagnetic disturbances.

When transmitting signals at an average speed, coaxial, triaxial and quantum contacts are used. For lower speeds, socket contact clamps or pressure fixed contact parts are used. With these contacts and a bus system, communication signals can be transmitted at speeds up to 15 Mbit/s. To transmit purely control signals, simple pressure contacts are used, which simultaneously compensate for mechanical gaps in the connection.

All of these contacts are subject to contamination, oxidation or abrasive substances, which increase the contact resistance [5, 6]. To compensate for the distortions caused by this, it is necessary to complicate the electrical systems available on the rolling stock. As a rule, it is necessary to amplify the signals by increasing the carrier or impulse voltage to protect the contacts from damage. At the same time, in the receiving device on the rolling stock, the signals pass through the filter and are further processed.

In railway rolling stock, it is possible to use eraTransceiver devices, which ensure the transmission of information in the connection not by electrical, but by light pulses [7, 8]. EraTransceiver devices can be connected to conventional transmission cables (shielded twisted pair cables) and fiber optics. Signals are transmitted by powerful light pulses directly from fiber optic cables or after converting electrical pulses from twisted pair (Fig. 1).

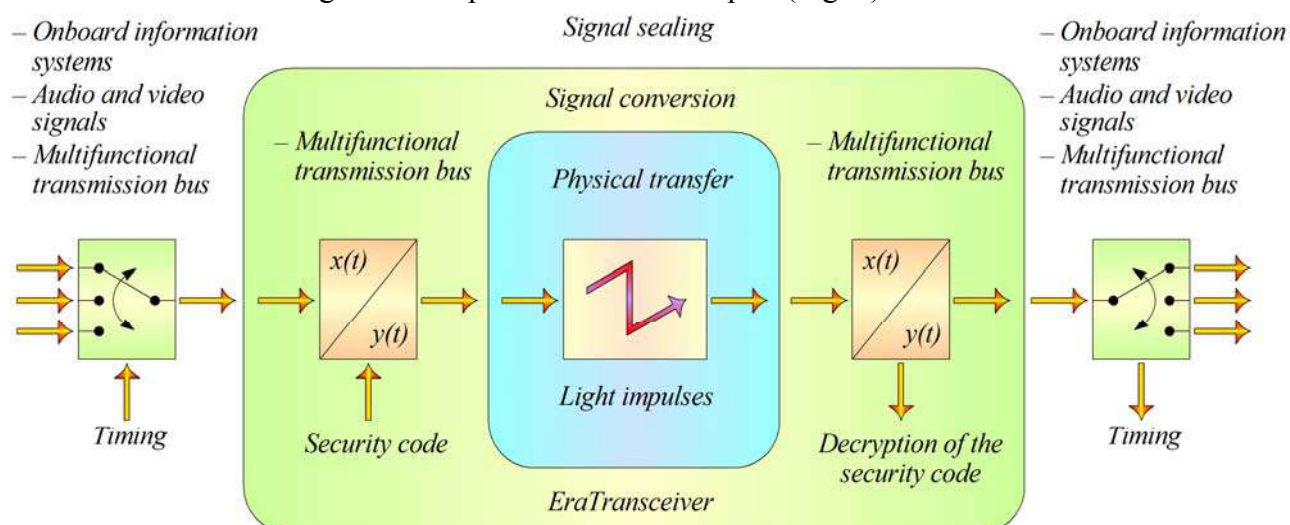


Figure 1 – Signal transmission between rolling stock units using eraTransceiver device

The use of the eraTransceiver device on rolling stock makes it possible to implement real-time high-speed (up to 2 Gbit/s), without distortion or loss, data transmission within a rolling stock unit and between such units under adverse conditions (various environmental influences, electromagnetic disturbances) with large tolerances in contact zone. The contact must be built into a device with automatic, semi-automatic or manual connection.

The signal is amplified by the active contacts so that the air gap to be overcome in the contact area can be set large, thereby eliminating the problem of tolerances in the contact area. It becomes possible to abandon the complex operation of centering the lenses and clamps of the light guide contacts. All signals that are transmitted over electrical or fiber optic lines within or between rolling stock units are converted by electronic components into a specific electrical signal. The electrical signal is then converted back into an optical signal by means of LEDs and sent via a daylight-protected connector. The signal is then inverted.

The signal voltage is reduced to the operating voltage of the LED using a specially selected resistor and fed to it through a high-pass filter. The LED generates a corresponding light pulse, which passes through the transmitter, the receiver contact, the movable sleeve provided with a light-transmitting insert, and acts on the photodiode. Thanks to the spring-loaded movable sleeve and the convex or concave contact head, no additional contact alignment is required. Such contacts make it possible to compensate for axial tolerances up to 16 mm and angular tolerances up to 22°. This means that the contacts can be used not only in linearly moving, but also in rotating data transmission devices.

EraTransceiver devices allows for multiplexing of signals, thereby reducing the number of contacts required. In addition, it is possible to reserve signals, in which the absence of distortion and completeness of signals is checked in the receiver, after which an acknowledgment message about correct reception or error is sent to the transmitter in duplex mode.

Another advantage of the eraTransceiver devices is that the connection between the units of the rolling stock can begin to operate even before the moment of the actual coupling (at a distance of several meters); this is not possible with all other contacts. This can be used for recognition on the principle of "friend or foe", to determine the position of the entire coupling mechanism, the distance between moving units and their speeds. During the coupling of vehicles, this data will be accumulated and, if necessary, it can be used to control the coupling process.

## References

1. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Syniavskyi A. V., Philipjeva M. V. Use of modern technologies in the problems of automation of data collection in intellectual power supply systems. *Modern engineering and innovative technologies*. 2022. Issue 19. Part 1. P. 38–51. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01-058.
2. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Control and accounting of parameters of electricity consumption in distribution networks. *2021 XXXI International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)*. 2021. P. 114–117. DOI: 10.1109/MMA52675.2021.9610907.
3. Ghoshal D., Wu K., Pouyoul E., Strohmaier E. Analysis and Prediction of Data Transfer Throughput for Data-Intensive Workloads. *2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. 2019. P. 3648–3657. DOI: 10.1109/BigData47090.2019.9005543.
4. Kang T., Oh K., Hwang J., Kim S., Park H., Lee J. Measurement and Analysis of Electric Signal Transmission Using Human Body as Medium for WBAN Applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2018. Vol. 67, No. 3. P. 527–537. DOI: 10.1109/TIM.2017.2783059.
5. Moore T., Schmid F., Tricoli P. Voltage transient management for alternating current trains with vacuum circuit breakers. *IET Electrical Systems in Transportation*. 2021. P. 1–14. DOI: 10.1049/els2.12034.
6. Bondarenko I., Severino A., Olayode I., Campisi T., Neduzha L. Dynamic Sustainable Processes Simulation to Study Transport Object Efficiency. *Infrastructures*. 2022. Vol. 7, No. 124. DOI: 10.3390/infrastructures7090124.
7. Bhagavatula V. Exploring Multimode Cellular Transceiver Design: A Short Tutorial. *IEEE Solid-State Circuits Magazine*. 2021. Vol. 13, No. 1. P. 35–47. DOI: 10.1109/MSSC.2020.3036144.
8. Hamada H., Tsutsumi T., Sugiyama H., Matsuzaki H., Song H., Itami G., Fujimura T., Abdo I., Okada K., Nosaka H. Millimeter-wave InP Device Technologies for Ultra-high Speed Wireless Communications toward Beyond 5G. *2019 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*. 2019. P. 9.2.1–9.2.4. DOI: 10.1109/IEDM19573.2019.8993540.

**Віктор Корсун**, доцент, к.т.н., **Юрій Журавльов**, доцент, к.т.н.,

*Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, Україна*  
e-mail: korsun.viktor@kstuca.kharkov.ua

## Автоматизований моніторинг та управління температурними режимами при виготовленні монолітних бетонних конструкцій

Постановка проблеми. В умовах повоєнного відновлення України гострим питанням стане виконання великого обсягу будівельних робіт, які будуть відбуватися протягом всього календарного року, за різних погодних умов. В даний час у будівництві житлових та промислових будівель широко використовуються конструкції з монолітного бетону. Процес твердіння бетону багато в чому залежить від температури навколишнього середовища. Низька і висока температура однаково негативно відбиваються на всіх етапах укладання бетону. При підвищеному температурному режимі на ранніх термінах може статися зневоднення бетонної суміші, що спричинить недобору міцності, виникненню усадки, розтріскування. Мінусова температура негативно впливає на гідратацію бетонної суміші. Зі зниженням температури бетонні роботи можливі лише на тих будівельних майданчиках, де існує технічна можливість прогріву бетонної суміші. Твердіння бетону супроводжується тепловиділенням. Необхідно враховувати як абсолютну кількість тепла, що виділяється, так і, хід процесу тепловиділення в часі. Якщо тепло виділяється повільно, це зазвичай не викликає шкідливих наслідків. Якщо цей процес йде порівняно швидко і тепловиділення значне, то це може привести до розтріскування масивних конструкцій. Тому актуальним завданням є моніторинг тепловиділення та управління температурними режимами бетону, що твердіє, в оптимальному температурному діапазоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз теоретичних досліджень і узагальнення досвіду бетонування при низьких температурах монолітних будівельних конструкцій дозволяють зробити наступні припущення [ 1,2 ]:

1. Управління термообробкою бетону можливо тільки при надійному способі контролю температурних полів бетону, що твердіє.

2. Використання методу математичного моделювання процесів бетонування в умовах відмінних від оптимальних дозволить прогнозувати і відстежувати температурні поля і поля міцності бетону, що твердіє в різних будівельних конструкціях і на цій основі розробити технологію управління їх термообробкою.

3. Автоматизація процесу управління термообробкою на основі математичного моделювання температурних і міцнісних полів та поточних температурних вимірах забезпечить високу якість бетону при істотній економії енергоресурсів.

Для моніторингу тепловиділення бетонної суміші були запропоновані програмно - апаратні комплекси, які дозволяють автоматизувати процес вимірювання температури всередині бетону, збереження і передачу температурних даних на віддалений комп'ютер для їх подальшого аналізу і видачі відповідних рекомендацій будівельникам щодо термообробки.

Звичайні засоби вимірювання в швидкісному будівництві не можна вважати достатніми та прийнятними технічно. Виміри повинні проводитися через 2 години на першу добу і не рідше 6 раз в наступні три доби. Тому дані термометричного контролю, отримані традиційним для масивних бетонних конструкцій шляхом, можуть носити недостовірний характер, як за обсягом, так і за змістом. А здійснення робіт по їх отриманню традиційними методами призводить до наднапруження темпу праці термометристів і як наслідок, до втоми, помилок персоналу, що виконує настільки величезний обсяг робіт зі збору вимірювальної

інформації часто у несприятливих умовах (дощ, сніг, пил, мороз, спека і т.п.). Більшість з цих недоліків характерні і для пристроїв періодичного контролю - реєстраторів даних (datalogger).

Оскільки будівельні об'єкти як правило знаходяться на значній відстані від дослідницької лабораторії, а спостереження за температурним режимом здійснюється протягом декількох днів, то для температурного моніторингу доцільно використовувати автоматизовану систему збору, передачі та обробки температурних даних. Враховуючи ту обставину, що вимірювання здійснюються в умовах будівельного майданчика, то бажано звести до мінімуму наявність проводів, що заважають виконанню будівельних робіт.

Апаратне забезпечення автоматизованих систем управління і збору даних реалізують універсальні інструменти-контролери і сімейства модулів віддаленого вводу-виводу. Аналізуючи склад обладнання АСУ ТП і АСНД, що випускається різними фірмами, можна виділити кілька архітектурних рішень розподіленої автоматизованої системи управління моніторингом температури бетону будівельних конструкцій.

Основний матеріал. Для вирішення поставленої задачі була створена розподілена система збору даних на основі модулів серії I-7000 фірми ICPDAS. Було запропоновано кілька рішень для побудови розподіленої системи моніторингу [3]. Перше рішення засноване на застосуванні незалежних модулів, пов'язаних між собою мережею RS-485. Модулі серії I-7000 це сімейство мережевих модулів збору даних і управління. Ці модулі виконують функції аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворень, дискретного введення-виведення, лічильника. Передбачена можливість дистанційного керування цими модулями за допомогою набору команд. На персональному комп'ютері встановлюється програмне забезпечення, призначене для взаємодії з модулями збору даних, що включає бібліотеки фірми ICP DAS і прикладну програму. Розроблена програма забезпечує збір температурних даних з об'єкта за 8 каналами протягом часу моніторингу, графічне відображення температурних залежностей від часу по всіх каналах, відображення миттєвих значень параметрів по кожному каналу, збереження інформації на жорсткому диску комп'ютера, виведення графічних залежностей на друк. Число каналів реєстрації може бути збільшено, відповідно до числа підключених модулів збору даних. При необхідності дистанційної передачі даних, у випадку віддалених об'єктів, система може бути оснащена GSM \ GPRS \ 3G модемом, що дозволяє передавати температурні дані на мобільний телефон або на інший комп'ютер, який має GSM \ GPRS \ 3G модем, за допомогою SMS-повідомлень або e-mail.

Необхідна інформація про технологічний процес через модем (в форматі SMS) передається як у ПК (SCADA-систему або електронну таблицю Microsoft Excel), так і на мобільний телефон оператора або обслуговуючого персоналу. Зміст повідомлення може бути різним: значення контрольованих параметрів, тривога і т.д. У зворотний бік, з віддаленого терміналу на базі ПК або мобільного телефону, передаються повідомлення або дані по управлінню і контролю пристроями моніторингу на промисловому об'єкті.

Інше рішення, передбачає використання програмованого контролера для організації обміну з модулями збору даних і передачі реєстрованої інформації на віддалений сервер або «хмару». У даній системі ПК підключається до контролера I7188E тільки для завантаження прикладної програми. Весь інший час контролер працює самостійно, забезпечуючи виміри і управління процесом моніторингу.

Останнім часом в області будівельного моніторингу постійно зростає інтерес до застосування бездротових сенсорних мереж для збору первинної інформації про стан об'єктів, параметри яких істотно розподілені в просторі, оскільки такий підхід значно скорочує витрати часу і коштів на монтаж, пусконаладження та подальше технічне супроводження системи. Крім того, бездротові системи моніторингу можуть стати у пригоді для забезпечення контролю стану будівель, які мають історичну цінність, а також як тимчасові засоби контролю, які використовуються тільки на деяких етапах будівельних робіт, зокрема бетонуванні.

Своєчасний збір такої інформації може бути орієнтований на проблему передбачення аварійних ситуацій, моніторингу стану, управління об'єктами, так як дозволяє розмістити датчики в необхідному і важкодоступному місці для отримання найбільш точного інформаційного образу об'єкта, наприклад, для контролю напружено-деформованого стану та структурної цілісності будівельних споруд [ 4 ] .

Для отримання необхідної інформації об'єкти покриваються мережею, яка складається з потрібної кількості мініатюрних вузлів, оснащених малопотужним радіомодулем (приймально-передавачем), мікроконтролером, необхідним набором сенсорів, системою живлення, а також можуть включати пристрої інтерфейсу користувача [5] . Зазвичай сенсорні вузли є однотипні пристрої з певним набором функцій. Для реалізації цього завдання запропоновано використовувати розподілену систему збору даних на основі модулів , які забезпечують збір і передачу вимірної температурної інформації на віддалений комп'ютер для подальшого аналізу, побудови математичної моделі процесу і перевірки адекватності наявної моделі, видачі рекомендацій будівельникам.

Спеціально для польових випробувань була запропонована вимірювально-інформаційна система, що дозволяє вимірювати температуру бетону, що твердіє одночасно, у разі потреби, більш ніж в 100 точках. У ній застосовуються водостійкі цифрові датчики на основі DS18B20. Кожен з них має унікальний 64 розрядний ідентифікатор, записаний на заводі виробнику для їх ідентифікації. Датчик забезпечує вимір температури, в нашому випадку, в діапазоні від -40 до +80 ° С з точністю  $\pm 0,5$  ° С. Напруга живлення від 2,5 В до 5,5 В. Оскільки датчик є цифровим, сигнал не погіршується навіть на великих відстанях. Датчик з'єднується з модулем збору та передачі за допомогою кабелю, довжина якого залежить від розташування точки вимірювання. Дані про температуру передаються радіомодулем через пристрій концентратор через USB порт на персональний комп'ютер для подальшої обробки, зберігання та за необхідності формування коригування технологічних режимів бетонування.

При застосуванні автономного живлення значущим параметром є енергоспоживання системи, так як від нього залежить тривалість функціонування датчика від одного комплекту акумуляторів. Виходячи з вище сказаного, в запропонованій системі обраний такий режим роботи, при якому інформація видається в ефір короткими проміжками часу з подальшим переходом мікроконтролера в тривалий пасивний режим низького споживання енергії. Пристрій може працювати від літєвий акумулятор АА близько 5 років (середній час між відправкою даних - 5 хвилин). Відстань бездротової передачі даних при прямої видимості близько 500м.

Висновки. В результаті дослідження встановлено, що застосування розробленої автоматизованої системи моніторингу при укладанні і твердінні бетонів дозволяє підвищити достовірність, надійність температурних вимірювань, зменшує ймовірність розтріскування монолітних конструкцій і зниження їх міцності, за рахунок оперативної обробки температурних даних і видачі відповідних рекомендацій по управлінню температурними режимами бетону будівельникам.

## Список літератури

1. Бетонні роботи : монографія / О. В. Якименко, О. В. Кондращенко, А. О. Атинян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 275 с.
2. Молодин В.В. Управляемые температурные режимы выдерживания бетона - путь к повышению эффективности производства бетонных работ. *Ползуновский вестник № 4-1. 2013, С. 149-153.*
3. Сопов В.П., Корсун В.Є., Журавльов Ю.В. Автоматизований температурний моніторинг процесу твердіння бетону. // Збірник наукових праць «Науковий вісник будівництва». – Харків: ХНУБА, ХОТБ АБУ. – 2020. – Т.101. - №3. – С.228-237
4. Yuwen Ju, Honggang Lei Actual Temperature Evolution of Thick Raft Concrete Foundations and Cracking Risk Analysis *Advances in Materials Science and Engineering Volume 2019, Article ID 7029671, 11 pages* <https://doi.org/10.1155/2019/70296>
5. Cataldo, A.; De Benedetto, E.; Cannazza, G. Hydration Monitoring and Moisture Control of Cement-Based Samples Through Embedded Wire-Like Sensing Elements. *IEEE Sens. J.* 2015, 15, 1208–1215. [CrossRef]

**Єгор Манько**, ст. гр. БІ-21М, **Алтан Баран**, ст. гр. БІ-21МЗ, **Микола Пашинський**,  
старший викладач, к.т.н.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*  
e-mail: filonalone@gmail.com

**Анна Жарова**, голова ЦК КБК

*Кропивницький будівельний фаховий коледж, м. Кропивницький, Україна*

## Аналіз впливу географічної висоти над рівнем моря на снігове навантаження на будівлі

Постановка проблеми. Снігове навантаження на будівлі та споруди залежить не лише від географічних координат об'єкту будівництва, але й від висоти розташування об'єкта над рівнем моря. Ця особливість враховується в нормах навантажень [1] коефіцієнтом географічної висоти  $S_{alt}$ , який збільшує снігове навантаження на об'єкти, розміщені на висоті понад 500 м над рівнем моря. Такі випадки зустрічаються в Карпатах і в Кримських горах, але коефіцієнт  $S_{alt}$  в нормах [1] встановлений єдиним для усієї території України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для дослідження використані наведені в [2] результати снігомірних спостережень на 130 метеорологічних станціях і пунктах, розміщених в районі Карпат і Кримських гір. Значна частина метеостанцій та метеопостів знаходиться на висоті понад 400 м над рівнем моря, що дозволяє вважати їх гірськими і використати ці дані для уточнення коефіцієнта географічної

При нормуванні снігового навантаження широко використовується імовірнісна модель послідовності річних максимумів ваги снігового покриву [3, 4]. Цей підхід є нескладним і забезпечує досить точне визначення розрахункових значень навантаження, що відповідають заданому періоду повторюваності.

Основний матеріал. Для розробки імовірнісної моделі послідовності максимальних значень процес визначення навантаження розділяється на рівні відрізки, довжина яких повинна відповідати характерному для даного навантаження інтервалу часу (для снігового навантаження – один рік). На кожному інтервалі обирається максимальне значення ординати і таким чином формується послідовність максимумів, яку можна вважати вибіркою незалежних даних. У більшості випадків вибірка максимумів описується подвійним експоненціальним законом розподілу Гумбеля.

Згідно з законом Гумбеля, граничне розрахункове значення снігового навантаження обчислюється за формулою [3, 4]:

$$S_m(T) = M + S \cdot (0,78 \cdot \ln T - 0,45), \quad (1)$$

де  $T$  – період повторюваності розрахункового значення в роках.

Математичне сподівання  $M$  обчислюється за формулою з [4]:

$$M = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N X_i, \quad (2)$$

де  $N$  – обсяг вибірки,  $X_i$  –  $i$ -тий елемент вибірки.

Стандарт  $S$  характеризує міру розкиду випадкової величини відносно центра розподілу й обчислюється за формулою з [4]:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - M)^2}. \quad (3)$$

Граничні розрахункові значення снігового навантаження за формулою (1) обчислені за даними усіх 130 метеостанцій для періодів повторюваності 10, 50 та 200 років. Отримані дані зведені в таблицю, фрагмент якої наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахункові значення снігового навантаження, обчислені за розподілом річних максимумів ваги снігового покриву

| № ст | Назва | Річні максимуми снігового навантаження, Па |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | M, Па | S, Па | $S_m(T)$ |      |      |
|------|-------|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|----------|------|------|
|      |       | 1979                                       | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 |       |       | 10       | 50   | 200  |
| 37   | Плай  | 1650                                       | 915  | 1420 | 1275 | 1060 | 1580 | 1465 | 1975 | 1435 | 1500 | 1555 | 525  | 1363  | 379   | 1873     | 2349 | 2769 |

Сукупність результатів усіх проведених снігозйомок може бути наближено описана законом розподілу Вейбулла, який дозволяє обчислити граничне розрахункове значення снігового навантаження за формулою з [3]:

$$S_m(T) = \left[ -\ln \left( \frac{1}{T \cdot N_p} \right) / \beta \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (4)$$

де  $T$  – період повторюваності розрахункового значення в роках;

$N_p$  – середня кількість даних протягом року;

$\alpha$  і  $\beta$  – параметри розподілу Вейбулла, визначені через середнє значення та коефіцієнт варіації вибірки значень ваги снігового покриву за методикою [3].

Результати обчислення граничних розрахункових значень снігового навантаження за формулою (4) для всіх 130 метеостанцій та періодів повторюваності 10, 50 і 200 років зведені в таблицю за зразком таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахункові значення снігового навантаження, обчислені за розподілом усіх результатів снігомірних зйомок

| № ст | Назва метеостанції | Кільк. спост. за рік | M, Па | V   | $\alpha$ | $\beta$ | $S_m(T)$ , Па |      |      |
|------|--------------------|----------------------|-------|-----|----------|---------|---------------|------|------|
|      |                    |                      |       |     |          |         | 10            | 50   | 200  |
| 37   | Плай               | 20,3                 | 833   | 0,6 | 1,717    | 0,00001 | 2482          | 2883 | 3206 |

Висновки. Порівняння даних таблиць 1 і 2 показує, що розрахункові значення снігового навантаження, обчислені за різними імовірнісними моделями, можуть помітно відрізнятися. Отримані розрахункові значення снігового навантаження використовуються для аналізу залежності величини снігового навантаження від висоти над рівнем моря та для встановлення уточнених значень коефіцієнта географічної висоти  $C_{alt}$  з метою коригування залежності, прийнятої в нормах навантажень [1].

#### Список літератури

- ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. - К.: Мінбуд України, 2007. - 60 с.
- Кінаш Р.І., Бурнаєв О.М. Снігове навантаження в українських Карпатах. Довідник. – Л.: Львівська політехніка, 1996. – 139 с.
- Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. – К., 1999. – 185 с.

**Іван Чернега**, ст.гр. БІ-21М, **Тетяна Прищеник**, ст.гр. БІ-21М,

**Віктор Дарієнко** доцент, к.т.н., **Іван Скриннік** доцент, к.т.н.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

*e-mail: vvdarienko@gmail.com*

## Аналіз можливостей програмного комплексу ANSYS для визначення резервів несучої здатності при наявності дефектів внаслідок дії пожежі

На сучасному етапі в будівельному проектуванні відбувається перехід від основоположного критерію несучої здатності конструкцій до критерію безпеки будівельних об'єктів для людей і навколишнього середовища протягом усього терміну служби. Забезпечення безаварійної експлуатації існуючих будівель і споруд передбачає вміння прогнозувати їх поведінку при зміні умов експлуатації та в аварійних ситуаціях (силові та високотемпературні впливи) при частковій втраті несучої здатності, а для цього потрібні високопродуктивні обчислювальні комплекси.

У проектних організаціях будівельного профілю, як правило, використовуються сертифіковані програмні комплекси (ПК): LIRA, SCAD, MicroFe та інші, які, в основному, призначені для проектування нових будівель і споруд, а не для аналізу поведінки існуючих об'єктів з дефектами і тріщинами при зміні умов їх експлуатації.

Складність моделювання будівельних об'єктів для виконання якісного розрахунку і аналізу з метою визначення резервів несучої здатності при наявності дефектів внаслідок дії пожежі, або для виявлення ділянок конструкції, в яких можлива поява і розвиток тріщин, вимагає роботи з так званими «важкими» розрахунковими системами, прикладом яких є програмний комплекс ANSYS - один з найпотужніших сучасних інформаційних продуктів, що дозволяють виконувати повноцінний аналіз проектних розробок нових і реконструйованих внаслідок пожеж або зміни функціонального призначення будівель. ANSYS дозволяє проводити складні нелінійні розрахунки, враховувати всі особливості будівельних конструкцій, в тому числі, наявність і розвиток системи тріщин або зміни властивостей матеріалів внаслідок дії високих температур. Це дає можливість у отримувати найбільш достовірні результати розрахунку при проведенні обчислювальних експериментів, істотно скорочуючи терміни і фінансові втрати на виконання робіт.

Процес моделювання будівлі або споруди в інтерактивному режимі в розрахункових системах, в тому числі і в ANSYS [1,2] є досить трудомістким і складним, зважаючи на відсутність спеціалізованих інструментів і обмеженого набору примітивів і операцій, за допомогою яких можна формувати моделі будівель. На прикладі моделювання п'ятиповерхового житлового будинку в програмному комплексі ANSYS, встановлено можливість вирішення просторових завдань, які дозволяють виявити причини появи тріщин і дефектів в несучих конструкціях будівель і споруд при різних зовнішніх силових та високотемпературних впливах.

### Список літератури

1. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. - М.: Компьютер Пресс, 2002. 224с.
2. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. - М.: Едиториал УРСС, 2004. 272с.

**Олександр Головань**, магістрант гр. БІ-21МЗ, **Богдан Торохтій**, магістрант гр. БІ-21МЗ,  
**Станіслав Джирма**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: stas55871@ukr.net*

## Аналіз розташування віконних блоків по товщині стін існуючих житлових серійних будинків в м. Кропивницький

Виходячи з різних оцінок, основна кількість тепловтрат житлових і цивільних будівель припадає саме на несвітлопрозору частину фасаду та складає близько 30% усіх теплових втрат будівлі [1]. При цьому значна частина тепла втрачається через місця примикання вікон до стін і через укоси [1, 2]. Сьогодні, з постійним зростанням цін на енергоносії та високим рівнем енергозатрат для створення комфортного режиму у будівлях, тема зниження кількості теплових втрат через вузли огорожуючих конструкцій є актуальною як ніколи.

Біля 95% житла в багатоквартирних будинках м. Кропивницький – це квартири в типових (серійних) будинках, що були побудовані в 1960-х-2000-х рр. [3, 4]. Стіни цих будинків переважно виконувались з цегли, керамзитобетонних блоків і панелей. Одним з основних недоліків існуючих серійних житлових будинків є недостатня теплоізоляція [5].

З метою підвищення рівня теплоізоляції і комфортності існуючих житлових будівель в 1990 роках почалося масове застосування вікон з ПВХ (полівінілхлоридних профілів) замість традиційних дерев'яних, що є значним резервом для економії енергетичних і природних ресурсів [1].

Виконаний в роботах [1, 5] аналіз температурних полів вузлів примикання вікон до цегляних стін показав, що температура внутрішніх відкосів може бути нижчою від температури точки роси. Це призводить до утворення конденсату на внутрішніх відкосах, їх промерзанню та збільшенню тепловтрат.

В роботі [1] отримана залежність температури в критичній точці внутрішнього відкосу від положення металопластикового віконного блоку в цегляній стіні товщиною 510 мм при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для м. Кропивницький. Показано, що при установці вікна впритул до четверті температура на поверхні внутрішнього відкосу становить близько  $+8^{\circ}\text{C}$ , що призводить до утворення конденсату. Зміщення віконного блоку всередину будівлі підвищує температуру в критичній точці відкосу. Тому необхідно встановити доцільну величину зміщення віконного блоку всередину блочних і панельних стін при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для м. Кропивницький.

Дослідження температурних полів у вузлах примикання вікон до зовнішніх стін виконуємо за допомогою програми THERM [6], розробленої в Каліфорнійському університеті США.

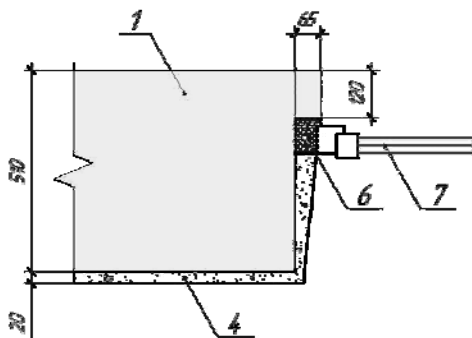
Необхідні для дослідження значення температури й вологості внутрішнього повітря встановлені в ДБН [7] залежно від призначення приміщень. Температури зовнішнього повітря можна встановити за стандартом [8].

Дослідження орієнтується на термомодернізацію існуючих серійних житлових і громадських будинків в місті Кропивницький, яка полягала в заміні старих дерев'яних вікон на сучасні металопластикові вікна з гарними теплотехнічними характеристиками. Це в певній мірі дає результат і тепловтрати будинків знижуються. Однак заміна вікон не

виключає можливості утворення конденсату у вузлі примикання і як наслідок промерзання монтажного шва.

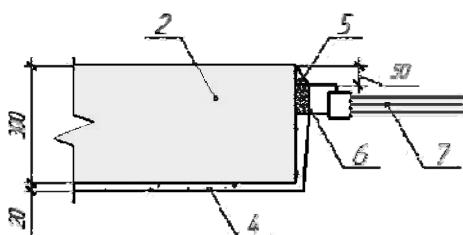
Для виявлення можливості утворення конденсату на внутрішній поверхні укосу температури точки роси визначена за психрометричними таблицями при встановлених нормах [7] значенні температури повітря в житловому приміщенні  $+20^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості 55% дорівнює  $+10,7^{\circ}\text{C}$ . Розрахункову температуру зовнішнього повітря для м. Кропивницький відповідно норм [8] прийнято  $-22^{\circ}\text{C}$ .

Аналізуються найбільш характерні вузли бічного примикання віконного блоку до цегляних і керамзитобетонних стін трьох типів, конструкції яких схематично показані на рис. 1, 2, 3. У вузлах використовуються металопластикові віконні блоки з товщиною коробки 70 мм та двокамерними склопакетами.



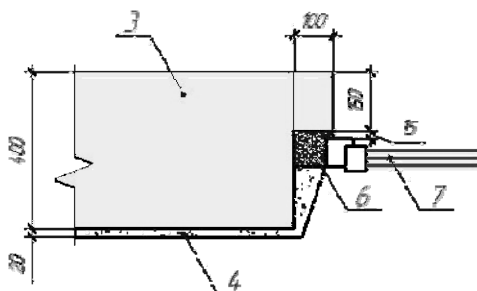
1 – кладка з повнотілої керамічної цегли; 4 – штукатурка з вапняно-піщаною розчину; 6 – піна монтажна; 7 – металопластиковий віконний блок.

Рисунок 1 – Суцільна цегляна стіна товщиною 510 мм.



2 – стінова панель з керамзитобетону; 4 – штукатурка з вапняно-піщаною розчину; 5 – штукатурка на основі цементу; 6 – піна монтажна; 7 – металопластиковий віконний блок.

Рисунок 2 – Керамзитобетонна панель товщиною 300 мм.



3 – стіновий блок з керамзитобетону; 4 – штукатурка з вапняно-піщаною розчину; 6 – піна монтажна; 7 – металопластиковий віконний блок.

Рисунок 3 – Керамзитобетонний блок товщиною 400 мм.

Згідно з проведеними дослідженнями досягти бажаного результату, створити температурний режим на поверхні відкосу вище точки роси ( $10,0^{\circ}\text{C}$ ) вдалося тільки у вузлі спряження вікна з зовнішніми цегляними стінами. При встановленні вікна на відстані 210 мм і більше від фасадної частини стіни температура внутрішнього кута відкосу перевищує

температуру точки роси. Таким чином можна добитись теплової надійності вузла примикання за критерієм не утворення конденсату.

Створити відповідні умови у вузлі примикання вікна до панельних і блочних стін не вдалося. В панельних стінах навіть при максимально можливому зміщенні вікна в середину будівлі на 150 мм від фасадної частини температура відкосу складає  $9,2^{\circ}\text{C}$ . Здвигати вікно на більшу відстань не дозволяє товщина стіни.

В блочних стінах при максимальному зміщенні вікна в середину будівлі на 250 мм від фасадної частини температура відкосу дорівнює  $9,8^{\circ}\text{C}$ . Ситуація дещо краща ніж в панельних стінах, однак все одно існує ймовірність теплової відмови примикання.

Не дивлячись на те, що зміщення вікна в панельних і блочних стінах не забезпечує нормальний вологісний режим вузлів примикання, все одно дозволяє підвищити температуру внутрішнього відкосу.

### **Висновки:**

1. Встановлено, що найкращі показники теплоізоляції і енергозбереження вузлів примикання при розташуванні вікна в суцільних цегляних стінах в середині стіни на відстані 210-250 мм від її зовнішньої поверхні, для панельних стін на відстані 150 мм від зовнішньої поверхні стіни, для блочних 250 мм.

2. Для панельних і блочних стін температура у вузлі примикання складає  $9,2^{\circ}\text{C}$  і  $9,8^{\circ}\text{C}$  відповідно, тому без додаткових конструктивних заходів, існує вірогідність виникнення теплової відмови вузла примикання.

Для того, щоб не допустити зволоження місць примикання вікон в панельних і блочних стінах, для температур міста Кропивницький, потрібно застосовувати додаткові конструктивні рішення місць сполучення вікон зі стінами, утеплення фасадної частини будинків, локальне утеплення зовнішніх відкосів тощо. Ці конструктивні рішення потрібно застосовувати в комплексі з рекомендаціями по правильному розташуванню вікон в товщі стін, які отримані в результаті виконаних досліджень.

### **Список літератури**

1. Вплив положення віконних блоків по товщині стіни на теплотехнічні характеристики вузла їх примикання / В. А. Пашинський, В. А. Настоящий, С. О. Джирма та ін. // Sciences of Europe. - Praha : Global Science Center LP, 2017. - Vol 3, № 21. - С. 8-13.
2. Правиленко Н.М., Джирма С.О. Зниження тепловтрат будівель шляхом застосування енергоефективних проектних і технологічних рішень вузлів примикань сучасних світлопрозорих огорожуючих конструкцій / Правиленко Н.М., Джирма С.О. // Збірник праць молодих науковців КНТУ. – Вип. 3. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 510-513.
3. Недвижимость Кіровограда: веб-сайт. URL: <http://www.biz.kr.ua/articles/kirovohradproperty.html>. (дата звернення: 12.10.2022).
4. Серии домов Украины: веб-сайт. URL: <http://tipdoma.com/serii-domov-ukraina>. (дата звернення: 12.10.2022).
5. Тукало, О. С. Дослідження впливу положення вікон з ПВХ в товщі стін на тепловтрати існуючих житлових будівель вторинного ринку нерухомості в м. Кіровоград / О. С. Тукало, С. О. Джирма // Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій : IV Всеукраїн. студ. наук.-практ. семінар : зб. тез доп. / М-во освіти і науки Укр., Кіровоград. нац. техн. ун-т. - Кіровоград : КНТУ, 2016. - С. 59-66.
6. Національна лабораторія Лоуренса Берклі: веб-сайт. URL: <https://windows.lbl.gov/>. (дата звернення: 15.10.2022).
7. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6.-31:2016 – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с. (Державні будівельні норми України).
8. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 123 с. (Національний стандарт України).

**Володимир Яцун** , доцент, к.т.н., **Микола Пашинський**, старший викладач., к.т.н.,  
**Дмитро Майборода**, ст. гр. БІ-20-ЗСК

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: fbtcentu@gmail.com*

## Архітектура і САПР: особливості комп'ютерного моделювання будівель

Постановка проблеми. Раніше для побудови моделей промислових та цивільних споруд архітектори і проєктувальники використовували елементи геометрії з відомими значеннями координат. Їхнє ручне редагування було трудомістким процесом і часто призводило до помилок. Технічна документація створювалася шляхом добування значень координат елементів моделі і створення 2D креслень на їхній основі. В міру вдосконалення методів комп'ютерної обробки стало можливим поєднувати окремі графічні елементи, формуючи з них більш складні компоненти (стіни, перерізи і т.д.). Моделі ставали більш інтелектуальними, а їх редагування спрощувалося. З'явилась можливість створювати елементи моделей складної форми на основі поверхонь і тіл. Однак в результаті залишалася модель з явними координатами елементів, яку складно редагувати. Модель практично не мала зв'язку з кресленнями, створеними на її основі: при зміні моделі креслення доводилося формувати заново. Пізніше з'явилися системи, що підтримують параметричне моделювання, суть якого - у параметризації елементів моделі. Параметри визначають поведінку кожного елемента моделі і його взаємозв'язок з іншими елементами. Цифрове параметричне моделювання зробило переворот у світі комп'ютерного моделювання. САПР, що підтримують такий спосіб моделювання, стали широко застосовуватися в машинобудівному проєктуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для моделювання будівель потрібна параметрична система, здатна автоматично координувати будь-які зміни. Спеціально з цією метою була розроблена платформа Revit [ 1,2 ]:

Revit - це платформа параметричного моделювання з контекстним механізмом змін, що підтримує залежності між елементами. Одна частина залежностей задається користувачем, інша встановлюється програмою автоматично. Модель сприймає всі зміни, керуючись встановленими залежностями. При введенні нових компонентів модель Revit зберігає внутрішні залежності цих елементів, не встановлюючи їх, в якомусь певному порядку. Якщо елемент змінюється, програма сама визначає, які пов'язані з ним елементи вимагають модифікації, і яким способом це потрібно робити. Такий підхід виправдовується при роботі з моделями будівель, які, як правило, створюються послідовно з окремих елементів. Поширення змін у моделях є вибірковими і стосуються мінімального числа елементів, підвищуючи швидкість роботи програми.

Основний матеріал. У традиційних САПР, як правило, пояснювальні елементи не включаються до складу моделі. Тим часом відомо, що від ступеня інтеграції пояснювальних елементів і моделі будівлі, безпосередньо залежить зв'язок документації з моделлю. В традиційних САПР, як правило, розміри являють собою звичайний текст. У найкращому випадку вони обновиються при заміні елементів моделі. У сучасних системах, що підтримують координацію змін, можливо й зворотне: редагування розмірного числа призводить до відповідної зміни елемента моделі, до якого проставляються розміри. В традиційних САПР розріз і лінія розрізу являють собою окремі об'єкти. Лінія розрізу є

звичайним пояснювальним елементом. У системі параметричного моделювання будівель зовнішній вигляд розрізу визначається положенням лінії розрізу. При переміщенні лінії розрізу розріз миттєво змінюється.

Системи моделювання, що дозволяють працювати з елементами моделі як з окремими об'єктами, сьогодні широко поширені. На елементарному рівні вони дозволяють виділити в моделі трубопровідну мережу або інші технічні комунікації, полегшуючи тим самим ручні побудови. Оскільки в галузі прийнято зв'язувати такі дані, як найменування і позначення з об'єктами моделі, останні одержали назву "інтелектуальних". У деяких випадках додаткові дані, наприклад значення висоти, можуть впливати на геометрію об'єкта - дані стають параметром, а об'єкт параметричним. Інші базові залежності, такі як залежність другорядних елементів моделі від головних, впливають на елементи моделі. Це дозволяє, наприклад, переміщати в моделі стіну разом з вікнами, що перебувають у ній. Необхідність існування залежностей між усіма елементами будівлі відчувається зараз найбільш актуально. Сильною стороною параметричного моделювання є автоматичне керування залежностями при кожній зміні моделі. Ефективна система параметричного моделювання підтримує роботу з об'єктними даними на рівні компонентів і, що ще більш важливо, підтримує залежності між усіма компонентами, пояснювальними елементами і видами. Користувач може задати умови, що двері на сходову клітку завжди повинні перебувати на певній відстані від сходів або від іншої стіни. Модель містить повну інформацію про будівлю, а не просто про окремі об'єкти. Чому параметричне моделювання будівель має таке значення? Чому параметричне моделювання так важливе при інформаційнім моделюванні будівель?

Одержання достовірних відомостей про будівлю є істотною перевагою інформаційного моделювання. Підтримка параметричного моделювання в САПР, призначених для інформаційного моделювання будівель, підвищує надійність, якість і внутрішню узгодженість моделей та будівельної документації. Традиційні САПР також дозволяють створювати креслення і зображення. Але використані в них моделі не відрізняються високим рівнем координації, внутрішньої погодженості і надійності, що характерно для параметричного моделювання. Традиційні САПР рідко використовуються для комп'ютерного моделювання будівель через великі зусилля і втрати часу на внесення і узгодження актуальної для будівництва інформації, такої як специфікації, кошториси, графіки робіт, експлуатаційні параметри і т.п.

Більш досконалі САПР підтримують роботу з елементами 3D моделі як з окремими об'єктами і їх атрибутами. Користувачі таких САПР можуть створювати 2D креслення на основі 3D моделей. Атрибути об'єктів використовуються для створення будівельної документації. Але навіть такі системи дозволяють створити тільки графічну модель будівлі. Для погодженого зміни моделі і її атрибутів, що зберігаються в базі даних, доводиться використовувати додаткові засоби. Одним з таких засобів є програма Solibri Model Checker, що виявляє невідповідності й помилки в даних. Чим масштабніше проект, тим більше зусиль доводиться прикладати для узгодження даних, і тим вище ймовірність помилок. Параметрична модель будівлі поєднує власну 3D модель і зовнішні дані. Модель коректно обновляється при зміні її окремих елементів. На її підставі формується вся робоча документація. Усі елементи моделі зв'язані залежностями; при зміні моделі документація обновляється автоматично. Погоджена зміна моделі нагадує зміну гнізд електронної таблиці, значення яких задані формулами. Зміни в будь-якому гнізді автоматично відбиваються у всій таблиці. Подібним же чином система параметричного моделювання будівель забезпечує погодження зміни моделі будівлі і будівельної документації в реальному часі. Формули в електронних таблицях дозволяють автоматизувати обчислення на основі внесених змін. Системи параметричного моделювання будівель поводяться аналогічно, автоматизуючи

випуск будівельної документації. Двонаправлена асоціативність і миттєве внесення змін у модель підвищують якість проектування і спрощують рутинну роботу, пов'язану з проектуванням, розрахунками й формуванням документації.

Параметричне моделювання будівель дозволяє зосередитися безпосередньо на проектуванні. Крім спрощення самого процесу проектування, простота редагування параметричної моделі дозволяє більш ретельно досліджувати можливі варіанти проекту, що веде до підвищення його якості. Revit забезпечує оптимізацію процесу проектування, дозволяючи архітекторам вибрати найбільш ефективне проектне рішення, усі можливі варіанти якого зберігаються в одній моделі. Користувач може включити або відключити візуалізацію, підготовку специфікацій і розрахунки для різних варіантів проекту. Система підтримує взаємозв'язки усередині кожного варіанта проекту і виконує автоматично погодження змін елементів моделі. Параметричне моделювання підвищує ступінь деталізації моделей будівель. Приклад – модель будівлі розроблена в середовищі Revit (рис. 1).

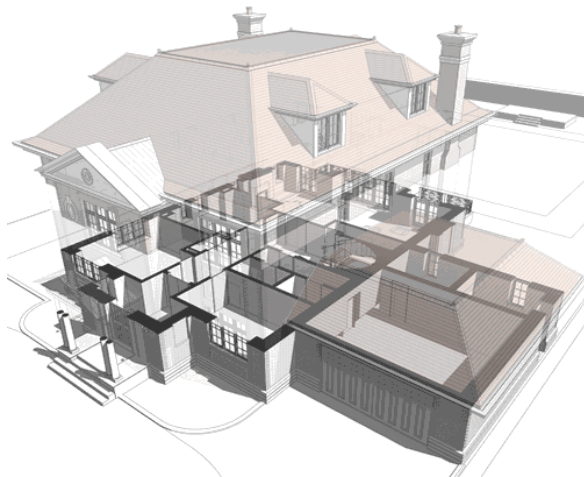


Рисунок 1 – Розроблена модель будівлі

На сьогоднішній день більшість моделей не містять достатньої кількості інформації для розрахунку експлуатаційних характеристик будівель. Це відноситься до моделей, розроблених у традиційних САПР. Користувачі таких САПР змушені здійснювати розрахунки вручну, втрачаючи багато часу й засобів. Параметрична модель будівлі полегшує завдання, тому що містить усі дані, необхідні для виконання розрахунків. На думку фахівців компанії Autodesk, тільки використання спеціалізованих архітектурних САПР, що підтримують параметричне моделювання, дозволяє швидко одержувати точну і надійну робочу документацію. Такі САПР виконують погодження в зміні моделі й документації, дозволяючи приділяти більше часу творчій стороні проектування. Передбачені можливості внесення змін у край важливі для забезпечення якості документації.

Технологія комп'ютерного моделювання будівель і споруд застосовується досить давно. Останнім часом особливий інтерес викликає інформаційне моделювання, що забезпечує нові можливості підвищення ефективності і росту конкурентоспроможності організацій. Однак не всі САПР придатні для інформаційного моделювання будівель. Найкращі результати забезпечує застосування спеціалізованих архітектурних САПР, що підтримують параметричне моделювання.

#### Список літератури

1. Ланцов А.Л. Компьютерное проектирование зданий. Autodesk Revit 2010. Архитектура. Инженерные сети. Несущие конструкции/Ланцов А.Л. – Изд-во: Фойлис, 2009 – 628 с.
2. Ланцов А. Л. Компьютерное проектирование в архитектуре. ArchiCAD 11/Ланцов А. Л. – Изд-во: ДМК пресс, 2008 – 800 с.

Дмитро Гай- Воронський, ст. гр. БІ-21МЗ, Анатолій Тесленко, ст. гр. БІ-21МЗ,  
Олексій Ковальов, ст. гр. БІ-21МЗ, Владислав Настоящий, к.т.н., професор.  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: stas55871@ukr.net

## Досвід використання сучасних програмних комплексів при виконанні магістерських кваліфікаційних робіт

Широке використання в будівництві конструкційної сталі надає можливості застосування потужного комплексу САПР «Solid works» для моделювання напружено-деформаційного стану та обґрунтованого визначення оптимальних параметрів елементів металевих конструкцій будівель різноманітного призначення. Розглянемо приклад оптимізації металевого каркасу конструкції за допомогою спеціалізованого модулю «SolidWorks Simulation». На рис. 1. наведена конструкція існуючого металевого каркасу будівлі автомийки при АЗС в Київській області.

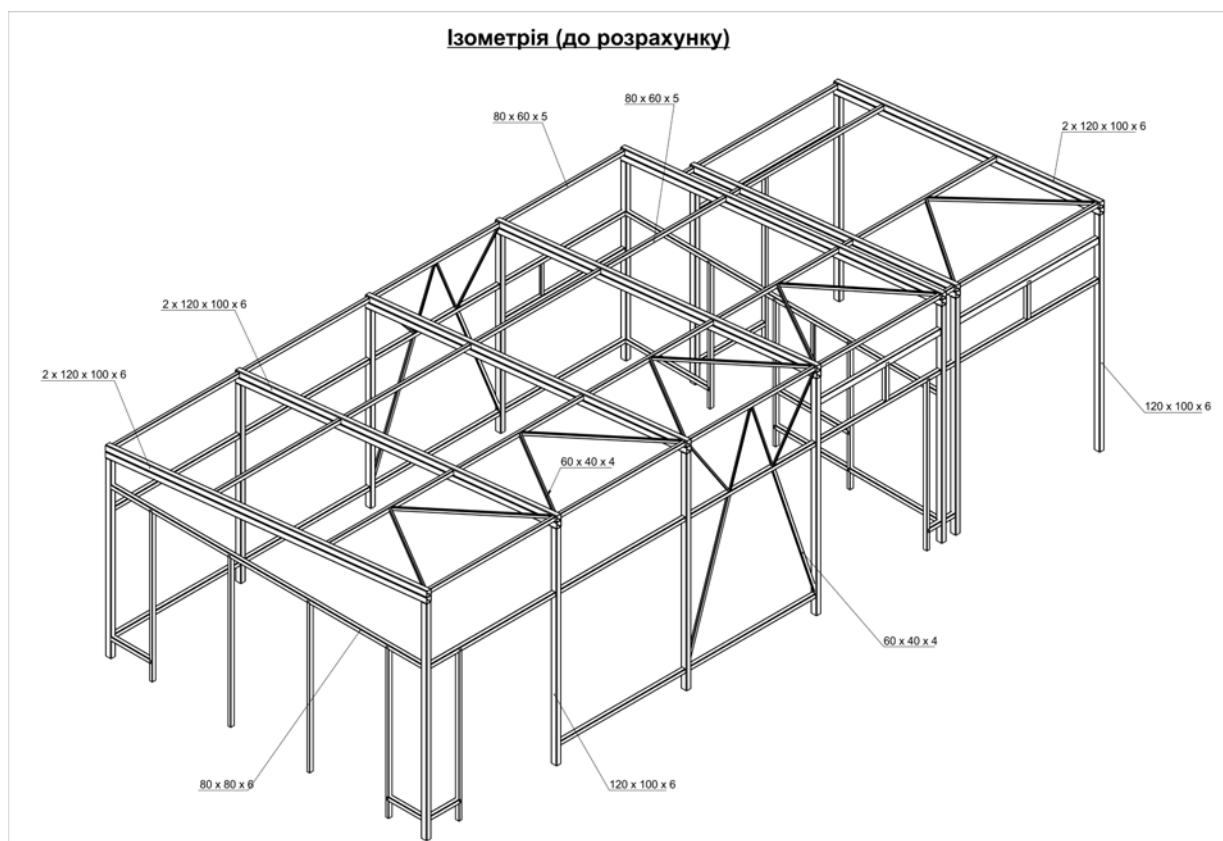


Рисунок 1 – Конструкція існуючого металевого каркасу будівлі автомийки.

Так як металевий каркас являється конструкцією з балковими елементами, програма автоматично створює сітку. Для дослідження втоми матеріалу та оптимізації використовують сітки в довідкових дослідженнях.

Дослідження завершуються наступними кроками:  
визначається тип аналізу і його параметри, в нашому випадку металеві сортаменти та перерізи елементів металевого каркасу будівлі авто мийки.  
Конструкція оптимізованого металевого каркасу будівлі автомийки наведена на рис.2.

Порівняння характеристик металевого каркасу до і після оптимізації свідчать, що виконані дослідження та конструктивні впровадження дозволили знизити масу металевого каркасу будівлі авто мийки на 16,7 8%, з 4906,4 кг до 4083,2 кг, відповідно об'єм метала, що використовується, знижується на 16,6% з 0,6 м<sup>3</sup> до 0,5 м<sup>3</sup>.

### Ізометрія (після розрахунку)

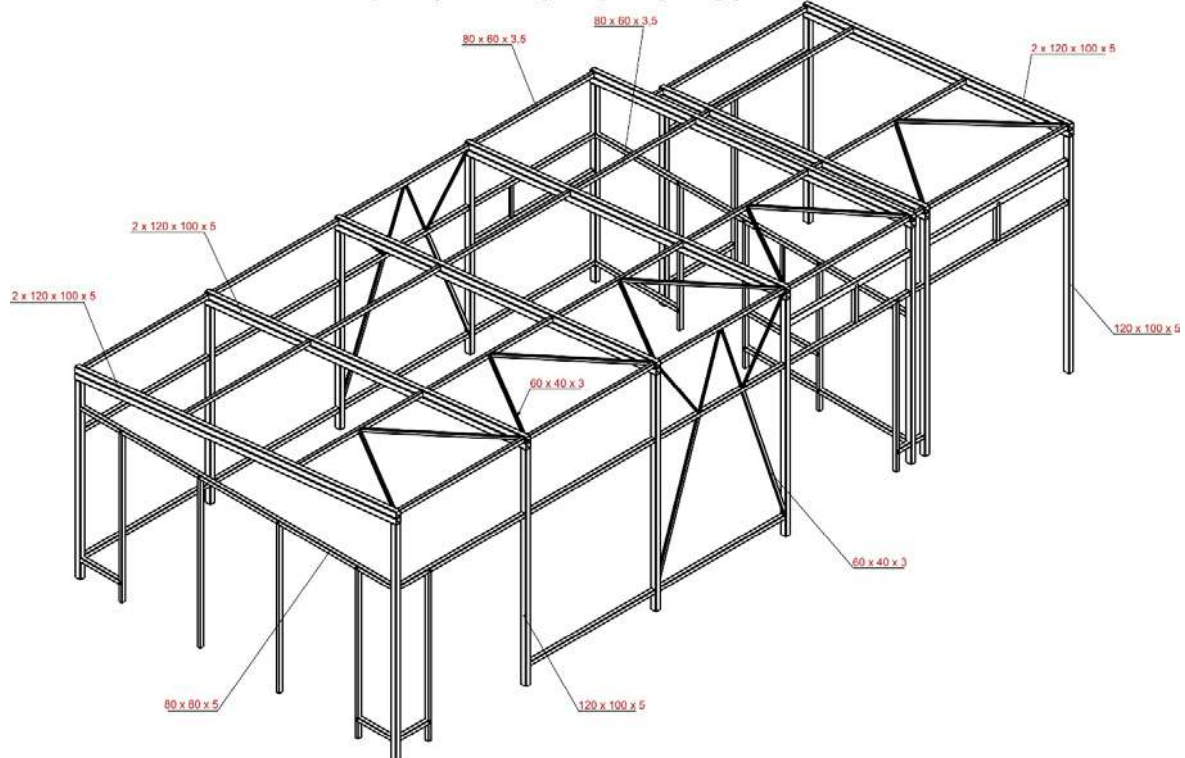


Рисунок 2 – Конструкція металевого каркасу після оптимізації.

Отримання металевої конструкції з оптимальними параметрами може бути виконано за допомогою уліти «Дослідження проектування».

На рис. 3. наведена конструкція кронштейну кріплення до колони балки металевої балкової клітки автомийки в Кіровоградській області.

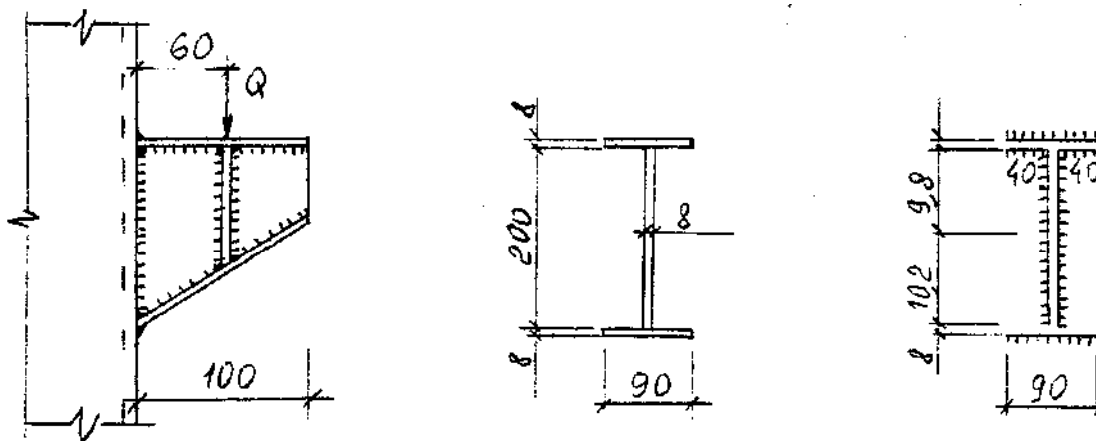


Рисунок 3 – Кронштейн кріплення до колони балки.

Виконуємо спробу мінімізувати масу конструкції, при цьому задаємо бажані характеристики і підбираємо оптимальні варіації з застосуванням уліти «Дослідження проектування» (рис.4).

|                       |                |                  |              |                      |             |                      |              |              |              |              |             |              |              |              |              |              |  |
|-----------------------|----------------|------------------|--------------|----------------------|-------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| Просмотр переменных   |                | Просмотр таблицы |              | Просмотр результатов |             | Оптимальный сценарий |              |              |              |              |             |              |              |              |              |              |  |
|                       |                | Текущая          | начальная    | Оптимальная (17)     | Сценарий 1  | Сценарий 2           | Сценарий 3   | Сценарий 4   | Сценарий 5   | Сценарий 6   | Сценарий 7  | Сценарий 8   | Сценарий 9   | Сценарий 10  | Сценарий 11  | Сценарий 12  |  |
| Толщина опорной плиты |                | 4мм              | 4мм          | 4мм                  | 4мм         | 4мм                  | 4мм          | 4мм          | 4мм          | 4мм          | 4мм         | 4мм          | 4мм          | 4мм          | 4мм          | 4мм          |  |
| Высота косынки        |                | 50мм             | 50мм         | 150мм                | 4мм         | 50мм                 | 100мм        | 100мм        | 150мм        | 150мм        | 50мм        | 50мм         | 100мм        | 100мм        | 150мм        | 150мм        |  |
| Расстояние до косынки |                | 10мм             | 10мм         | 20мм                 | 4мм         | 10мм                 | 10мм         | 10мм         | 10мм         | 10мм         | 15мм        | 15мм         | 15мм         | 15мм         | 15мм         | 15мм         |  |
| Толщина косынки       |                | 2мм              | 2мм          | 2мм                  | 2мм         | 2мм                  | 2мм          | 2мм          | 2мм          | 2мм          | 2мм         | 2мм          | 2мм          | 2мм          | 2мм          | 2мм          |  |
| Низ косынки           |                | 30мм             | 30мм         | 30мм                 | 4мм         | 30мм                 | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм        | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм         |  |
| Верх косынки          |                | 30мм             | 30мм         | 30мм                 | 4мм         | 30мм                 | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм        | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм         | 30мм         |  |
| Напряженность1        | < 205 Н/мм²    | 871.36 Н/мм²     | 571.36 Н/мм² | 190.48 Н/мм²         | 95.95 Н/мм² | 803.94 Н/мм²         | 444.86 Н/мм² | 342.08 Н/мм² | 358.13 Н/мм² | 245.28 Н/мм² | 581.4 Н/мм² | 487.81 Н/мм² | 316.54 Н/мм² | 236.04 Н/мм² | 244.78 Н/мм² | 139.36 Н/мм² |  |
| Масса1                | Минимизировать | 0.447876         | 0.447876     | 0.632399             | 457272      | 0.613872             | 0.547317     | 0.703817     | 0.637362     | 0.793962     | 0.457272    | 0.613872     | 0.547317     | 0.793817     | 0.637362     | 0.793962     |  |

Рисунок 4 – Застосування уліти «Дослідження проектування» для підбора оптимальних варіацій конструкції кронштейна.

На рис. 5 наведена конструкція металевого кронштейна після оптимізації.

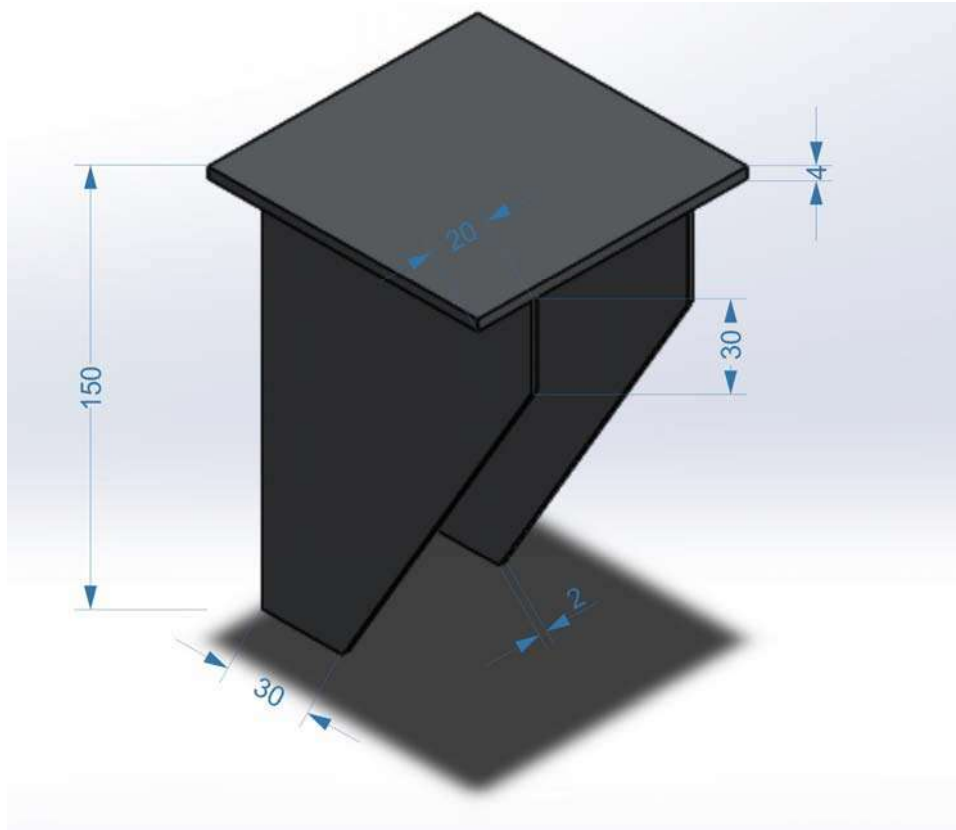


Рисунок 5 – Конструкція металевого кронштейна після оптимізації.

Результати комп'ютерного моделювання напружено-деформаційного стану оптимізованого кронштейна показують що зниження маси конструкції на 1,15 кг до 0,64 кг відповідно не впливає на умови виконання робото-здатності кронштейна за першої та другою групою граничних станів.

За допомогою опціональних модулів SolidWorks користуємось розширеними базовими можливостями і додатковими функціями по створенню креслень і моделей для експорту в систему САПР AutoCAD.

Наведені приклади показують, що САПР «SolidWorks» являється потужним засобом досліджень при виконанні кваліфікаційних магістерських робіт за спеціальністю 129 «Будівництво та цивільна інженерія».

#### Література.

1. Прерис А.М. SolidWorks. Учебный Курс. Питер, 2006. – 528 с.

**Володимир Яцун**, доцент, к.т.н., **Ольга Горпиченко**, викладач, к.е.н.,

**Максим Босенко**, *ст. гр. БІ-20-3СК*

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

*e-mail: fbtcentu@gmail.com*

## Досвід комп'ютерного моделювання Вознесенського собору у м. Бобринець Кіровоградської області

Постановка проблеми. Сучасна комп'ютерна техніка і програмні комплекси стрімко розвиваються, тому є доцільним використати ці переваги під час реального проєктування. Для практичної перевірки сучасних можливостей комп'ютерного моделювання в режимі реального часу була вибрана одна з найкрасивіших і геометрично складних споруд міської архітектури – Вознесенський собор (м. Бобринець), а в якості основної програми для моделювання прийнято AutoCAD.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перед початком моделювання зовнішньої частини споруди, вивчалась вся наявна інформація про саму будівлю. Основним інформаційним джерелом було прийнято книгу Н.І. Брунова “Архітектура православних храмів” [1], яка вийшла з друку в 1998 р. Використовувати дану високохудожню літературу виявилось досить складно – насамперед через її формат. До того ж в підручнику зустрічались помилки і неточності. Наприклад, одна з фотографій мала половину дзеркального відображення будівлі.

Для повного сприйняття інформації застосовувалась маса інших джерел і художніх зображень собору, що відносяться до різних періодів часу, а також просто фотографувати окремі елементи споруди. Також використовувалась технічна література [2-4].

Основний матеріал. Вознесенський собор – споруда складна, яка зводилась по частинам. Тому комп'ютерна модель також була розділена на логічні елементи: центральний і бокові стовпи, нижня частина будівлі, дзвіниця, прибудови. Кожний елемент створювався окремо за задалегідь розробленими загальними правилами з урахуванням загального масштабу і прив'язок. Підсумкова модель збиралась з цих складових частин з зовнішніми посиланнями. Такий підхід дозволив колективу студентів одночасно працювати над усіма компонентами моделі, а керівнику в цей же час відстежувати і коректувати весь проєкт. Крім цього, це дозволяло в майбутньому постійно удосконалювати модель, ускладнюючи, уточнюючи або коректуючи її окремі елементи.

Підсумкова модель Вознесенського собору в основних кольорах без вибору матеріалів склала 17 файлів загальним обсягом 48 Мб. На її безпосереднє виконання, не включаючи час на вивчення документації по собору, пішло приблизно два місяці.

Після деяких порівняльних експериментів в якості основної програми для моделювання було взято AutoCAD. В першу чергу це визначалось точністю і універсальністю його інструментів, легкістю в роботі, а також ефективно реалізованою технологією зовнішніх посилань, завдяки яким всі роботи велись на звичайних комп'ютерах (ОЗУ 1 Гб), не перевантажуючи пам'ять. Широке використання блоків і деяких інших засобів призвело до того, наприклад, що файл з Західним стовпом отримав об'єм всього 1,3 Мб. І все таки, коли модель зібрали цілком, оперативної пам'яті 1 Гб виявилось вже мало – модель крутилась досить повільно.

Для зручності подальших робіт з кольорових експериментів і вуалізації, а також для взаємодії з іншими програмами, складові частини комп'ютерної моделі розподілялись за шарами в залежності від матеріалів, що використовувались.

Виконана робота з комп'ютерного відтворення Вознесенського собору в м. Бобринець Кіровоградської області в подальшому дозволить вирішити наступні питання та проводити наступні модифікації:

- постійно удосконалювати модель, доповнюючи її деталювання все більш ускладненими елементами;
- змінювати модель з урахуванням історичних трансформацій (добудова, перебудова, пожежі, реконструкції і т.п.);
- експериментувати з оздоблювальними матеріалами, зовнішнім оформленням і освітленням приміщення;
- експериментувати з візуальними стилями і методами подачі зображення;
- експериментувати з геометрією і пропорціями моделі, розглядаючи інші (гіпотетичні) варіанти її побудови і таким чином аналізуючи хід думок і ідей авторів проекту.

В цілому виконана робота показала, що загальнодоступні сучасні технічні і програмні засоби (в даному випадку - пакет AutoCAD) дозволяють спеціалістам, які пройшли базовий курс навчання, в реальний термін моделювати архітектурні об'єкти вищого ступеню складності. А поскільки трьохмірна графіка потребує високої точності проробки вихідної документації, то є всі передумови передбачати, що в найближчий час комп'ютерне моделювання стане одним з основних засобів макетування в проектній діяльності інженера-будівельника.

#### Список літератури

1. Водотика О.Ю. Архітектура православних храмів України: історія та сучасність. – К.: СПД Коляда О.П., 2006. – 160 с.
2. Степовик Д.В. Українська графіка XVI-XVIII ст. – К., 1982.
3. MathCAD 7.0 для студентів технічних спеціальностей / Федунець А.Д., Сторожевський І.М., Лисенко В.В. – Кіровоград: КДТУ, 1998. – 118 с.
4. AutoCAD при проектировании строительных сооружений. Талапов В.В. – М.: Планета, 2005. – 367 с.

**Людмила Юрец**, магістрантка гр. Бі-21М, **Андрій Біліченко**, магістрант гр. Бі-21М, **Ірина Будюк**, магістрантка гр. Бі-21М, **Іван Скриннік**, канд. тех. наук, доцент  
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: skrinnik.ivan@gmail.com

## Дослідження впливу гранулометричного складу на фізико-механічні властивості лесових ґрунтів

Вивчення гранулометричного складу лесової товщі у вертикальному розрізі має значення для вирішення важливого в гідромеліоративному відношенні питання - прогнозу підйому рівня ґрунтових вод на так званих відносних водоупорах. При інфільтрації зрошувальних вод через лесову товщу на порівняно більш глинистих і щільних і, отже, менш водопроникних ґрунтах, відзначається утворення тимчасових водоносних горизонтів типу верховодки.

Між гранулометричним і мінералогічним складом пухких ґрунтів існує тісний зв'язок. Мінерали групи монтморилоніту зосереджені в найбільш тонкодисперсній ( $< 0,0005$  мм) частині ґрунтів, міститься в помітній кількості в лесовидних важких суглинках і глинах. Власне лес по мікроагрегатному складу відповідає важким пиловатим супіскам, легким і рідше середнім пиловатим суглинкам.

Розходження по об'ємній масі між лесом і лесовидними важкими суглинками і глинами цілком помітне. Наприклад, якщо об'ємна маса перших складає  $1,34-1,78$  г/см<sup>3</sup>, то інших -  $1,70-2,09$  г/см<sup>3</sup>.

Висока пористість (38-50%, іноді і більше) лесу пояснюється значною мірою його однорідністю гранулометричного складу. Проведені дослідження вказують, що переважання в лесах крупнопиловатої фракції (0,05-0,01 мм) сприяє збільшенню пористості (рис. 1). Однак зв'язок між вмістом крупнопиловатої фракції і пористістю відносно слабка, коефіцієнт кореляції між ними становить лише 0,28-0,30 [1, 2]

Лесовидні важкі суглинки і глини порівняно з лесом - ґрунти менш однорідні і більш глинисті. У північних районах України, наприклад, пористість лесу дорівнює 43-53%, а лесовидних важких суглинків - 35-43%. У розрізах ритмічно складеної лесової товщі півдня піки, які вказують на низьку пористість, збігаються з горизонтами важких лесовидних суглинків. Зазвичай відмічається зменшення пористості в нижній частині лесової товщі пояснюється головним чином переважанням у ній важких лесовидних суглинків.

З гранулометричним складом добре корелюються водно-фізичні властивості лесових ґрунтів. Гігроскопічність лесу дорівнює 1,45 - 3,05%, максимальна гігроскопічність - 2,55 - 4,60%, максимальна молекулярна вологостійкість - 12 - 16%, тим часом як для лесовидних важких суглинків і глин ці показники становлять відповідно 2,9 - 7,0%; 3,0 - 10,0% і 14 - 21%. Істотний також вплив гранулометричного складу на водопроникність.

В лесових ґрунтах, що використовуються як будівельний матеріал для земляних споруд, природна структура порушується. В цьому випадку гранулометричний склад надає більш істотний вплив на водопроникність, ніж у лесових ґрунтах природного складання, характеризуються присутністю ходів землерийних організмів, макропор і тріщин. Вплив гранулометричного складу на властивості лесових ґрунтів проявляється при взаємодії їх з водою.

Максимальне прилипання лесовидних суглинків становить 0,05-0,10 Па, лесових супісків — 0,16 - 0,20 Па, вологість при максимальному прилипанні дорівнює в першому випадку 20 - 25, у другому – 29 - 33%. Час розпаду зразків лесу при розмоканні не перевищує 1 хв.

Відмінність між лесом і лесовидними важкими суглинками і глинами за гранулометричним складом позначається на їх деформаційно-міцнісних властивості і просіданні. Найбільш різко втрата міцності відзначається в лесових ґрунтах, які при замочуванні доущільнюються, даючи просідання (або додаткове осідання). Ступінь втрати міцності залежить від гранулометричного складу ґрунтів. Чим більш малодисперсні лесові ґрунти, тим вище їх модель деформації і тим більш плавно він зменшується із збільшенням водонасичення (рисунок 1).

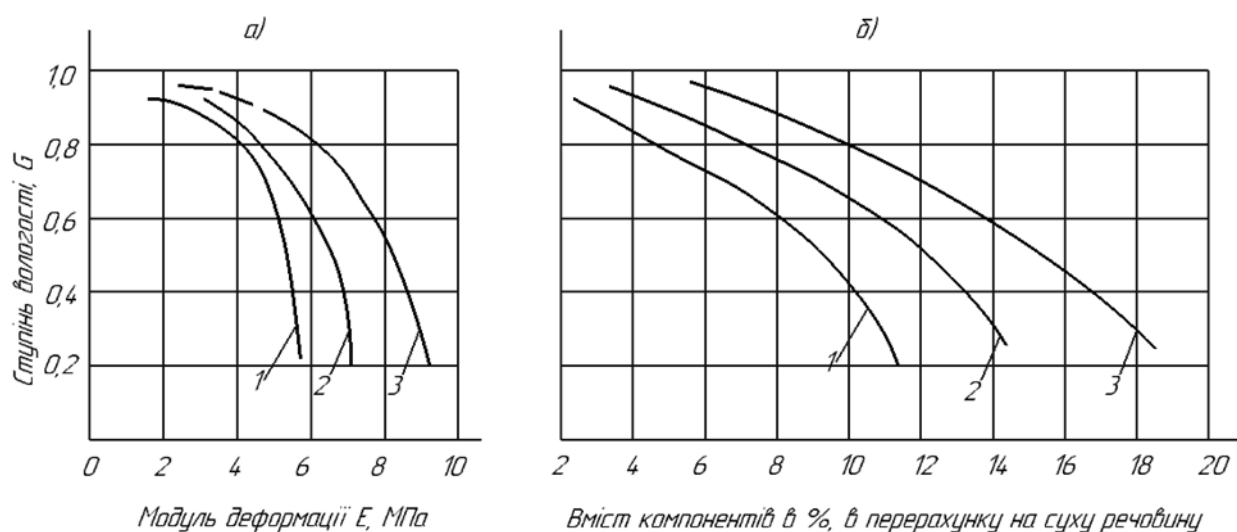


Рисунок 1 – Залежність модуля деформації  $E$  від ступеня вологості  $G$  для супісків і суглинків (б) по Ф. С. Тофанюку і в. І. Шарову [60]. Коефіцієнти пористості  $e$ : 1 - 1,0; 2 - 0,9; 3 - 0,8

Як видно з рисунка, з підвищенням об'ємної маси скелета ґрунту модуль деформації зростає. Вплив гранулометричного складу видно при розгляді залежно відносного просідання від ступеня вологості (рис. 2); з рисунка слідує, що відносної просадковості, що дорівнює 2% в лесовидних супісках, відповідає ступінь вологості  $G = 0,35$ , тим часом як для лесовидних суглинків цьому значенню відносного просідання відповідає ступінь вологості = 0,55.

Ступінь ущільненості лесових ґрунтів статичними і динамічними навантаженнями має велике значення при використанні їх як будівельного матеріалу для зведення гребель, насипів та інших земляних споруд. Експериментальні дослідження лесових ґрунтів Придніпровської височини показали, що максимальна об'ємна маса скелета після ущільнення ґрунтів динамічним навантаженням в приладі для стандартного ущільнення при оптимальній вологості становить 1750-1810 кг/м<sup>3</sup>, між тим як об'ємна вага скелета лесу природного залягання дорівнює 1380 - 1430 кг/м<sup>3</sup>, а лесовидних важких суглинків - 1660-1680 кг/м<sup>3</sup>.

Внаслідок структурних особливостей ґрунтів відмінність між густинами до і після ущільнення для лесу більш суттєва, ніж у випадку лесовидних важких суглинків. Оптимальна вологість лесу дорівнює в середньому 14-18%, лесовидних важких і середніх суглинків — 17-19 %. Кількість роботи, на ущільнення лесу, значно (приблизно вдвічі) менше, ніж на ущільнення лесових важких суглинків. Добре ущільнюються лесові ґрунти,

що відносяться до важких пилюватих супісків і легких пилюватих суглинків, бо вони близькі за складом до оптимальних гранулометричних сумішей [2].

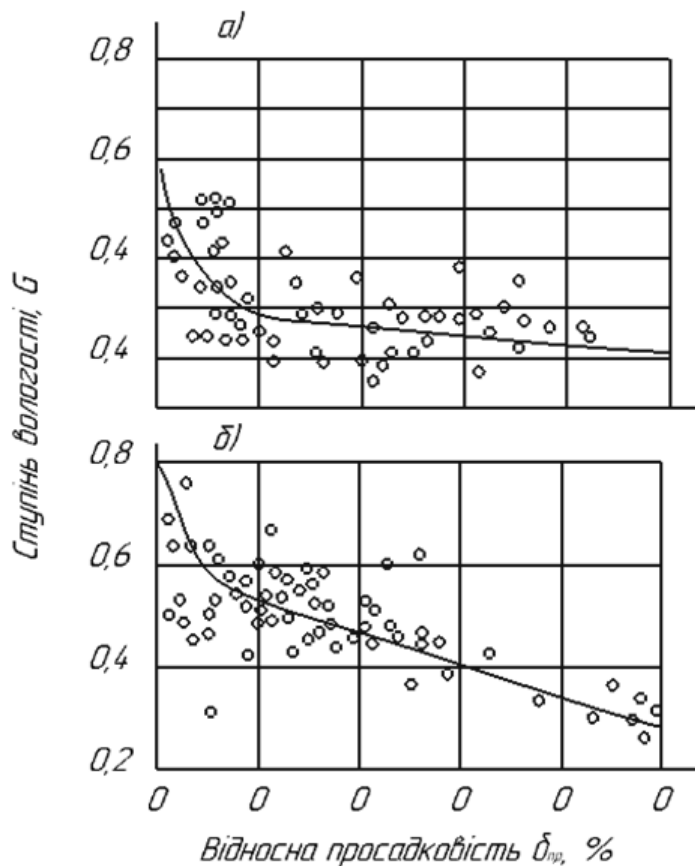


Рисунок 2 – Залежність відносної просідання  $\delta_{пр}$  від ступеня вологості  $G$  для супісків і суглинків (б) по Ф.С. Тофанюку і В.І. Шарову [5, 6].

### Висновок

На основі проведених досліджень зроблені наступні висновки:

1. Підготовка ґрунту найбільш суттєво впливає на вміст частинок 0,002-0,0002 і  $<0,0002$  мм. Максимальний "вихід" цих частинок відзначається при аналізі за Н.А. Качинському.
2. Видалення карбонату кальцію без добавки до суспензії NaOH не запобігає коагуляції найбільш тонкодисперсних частинок. В цьому випадку не вдається повністю диспергувати мікроагрегати і в якійсь мірі відбувається коагуляція суспензії.

### Список літератури

1. Лысенко М.П. Опыт сравнительного изучения подовых и лёссовых пород // Вестник Ленинградского Университета. -1973. -№12. -С.78-81.
2. Лысенко М.П. Лёссовые породы (Состав и инженерно-геологические особенности). - Л.: «Недра», 1978. - 208 с.
3. СНиП 2.02.03.-85 Свайные фундаменты, - М.: Строиздат, 1985.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд.
5. Долматов Б.И. Механика грунтов, основание и фундаменты, - Л.: Строиздат, 1988-416с.
6. Костюченко М.М. Механіка ґрунтів, - Київ – 2013.

Олена Костюкова, магістрант гр. БІ-21МЗ, Валентина Радіч, магістрант гр. БІ-21МЗ

Андрій Тихий, канд. тех. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет м. Кропивницький, Україна

e-mail: a.a.tihiy@gmail.com

## Дослідження ефективності використання активованого газобетону в монолітному будівництві

В роботі проведено аналіз використання та виготовлення ніздрюватого бетону при зведенні монолітних стін малоповерхової забудови.

**Ключові слова:** монолітні стіни, активації газобетону, диспергування, деформації, технологічні тріщини, піносілікати.

Основним напрямом у підвищенні ефективності будівництва малоповерхових будівель, на думку провідних фахівців, є зведення огорожувальних конструкцій у монолітному виконанні.

У цьому випадку ніздрюватий бетон, як матеріал для огорожувальних конструкцій, є найбільш перспективним, оскільки дозволяє знизити матеріаломісткість за рахунок зменшення їх товщини, а також широко застосовувати місцеві матеріали та відходи промисловості. Вітчизняний та зарубіжний досвід зі зведення монолітних стін малоповерхової забудови створює певні передумови та необхідність розробки конструктивно-архітектурних рішень незнімної опалубки. Така опалубка значно скорочує витрати та трудомісткість опалубних робіт, а також спеціальних заходів щодо захисту поверхонь зовнішніх стін від атмосферних впливів та, одночасно, розширює можливості їх декоративного оздоблення з застосуванням різноманітних матеріалів. Наявний досвід показує також, що ефективним прийомом при зведенні монолітних стін малоповерхових будівель є використання мобільних установок, що забезпечують виготовлення та укладання суміші безпосередньо в опалубку будівлі, що зводиться. Мобільні установки дозволяють здійснювати підготовку вихідних компонентів та приготування бетонної суміші без організації спеціальної бази. Такі установки мають бути оснащені компактним та високоефективним обладнанням, вибір якого повинен ґрунтуватися на оригінальних методах обробки вихідних компонентів та приготування бетонної суміші, а також транспортування її до місця заливання в опалубку.

Головною метою даної роботи є пошук оптимального технологічного рішення по активації газобетону для бетонування монолітних стін.

Для досягнення мети дослідження слід розробити склад активованого газобетону з максимальним використанням місцевих матеріалів (для Кіровоградської області), що забезпечують розширення будівельного спектру без використання пристроїв для утеплення бетонних конструкцій.

Слід врахувати та детально дослідити технологічні фактори, що визначають властивості газобетону. Фізичні процеси подрібнення, пов'язані з прикладанням механічних зусиль, стають причиною зміни реакційної здатності твердих речовин [1,2]. З розвитком механохімії були вивчені зв'язки поверхневої енергії, твердості мінералів, виміряно сили зчеплення в дисперсних системах, всебічно розглянута фізика подрібнення та описані фізико-хімічні процеси [3], що супроводжують диспергування. Насьогодні розвинені представлення про поверхневу енергію та закономірності концентрації енергії на межі фаз [4]. Практичне застосування отримала механохімія в виробництві силікальциту дослідження підтвердили ефективність подрібнення вапна при виготовленні бетонів, проте ці результати не були затребувані в монолітному будівництві.

Обробка силікатної суміші за допомогою механічного впливу використовувалася при випуску великорозмірних панелей із пористого бетону. Проте у ряді випадків у таких панелях спостерігаються технологічні тріщини, крім того виникає необхідність застосування великорозмірних форм, що викликає підвищену витрату металу.

Вивчення основних властивостей піносилікату та виявлення раціональних співвідношень між киплячим вапном і піском дозволили встановити, що ефективність такої технології полягає не тільки у спрощенні її основних операцій (виключення етапу гасіння вапна), а й різкого покращення властивостей пінобетону. При цьому показано, що властивості піносилікату залежать від співвідношення між піском і киплячою суспензією, а також фракцією помелу. Останній фактор має особливе значення, так як передбачено застосування дезінтеграторної технології.

Будь-яке тіло характеризується деякою поверхневою енергією, що вимірюється роботою, яка потрібна на переміщення внутрішньої частинки. Виведені на поверхню сили мають деякий «надлишок» енергії, утворюючи поверхневий шар, в якому вона концентрується. У кристалічних твердих тілах поверхнева енергія через анізотропію кристалів залежить також від напрямку розколювання.

Поверхневу енергію можна розглядати як силу, яку необхідно прикласти до твердого тіла для розриву поверхневого шару. Подрібнення не може відбуватися без зміни внутрішньої енергії речовини. Пружне тіло, що має зародкову тріщину, деформується до певних меж, за якими починається зростання тріщини або дефекту кристалічної структури, який можна розглядати як зародок тріщини.

У разі розвитку процесу руйнування тверде тіло отримує енергію за рахунок активації поверхні зерен. У цьому випадку при розколі твердих тіл на утворених поверхнях накопичується електричний заряд, який не є однорідним, а має мікро- та макрорельєф, що відображає існування різного типу дефектів у твердому тілі. Поряд із цим вона залежить від іонної активності поверхонь, яка проявляється найбільш помітно в момент розриву (відділення) частинок твердого тіла. У цьому випадку вільні електрони накопичуються на цій поверхні, утворюючи електростатичне поле.

Наявність електростатичного поля на поверхні подрібнених частинок підтверджується такими експериментами. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням часу витримки суміші після активації в металевій ємності до моменту замішування суміші активність подрібнених частинок зменшується: через 60 хв - на 20%, а через 120 хв – на 30%.

#### **Висновки:**

Таким чином, використання дезінтегратора для подрібнення сухих сумішей сприяє підвищенню реакційної здатності не тільки за рахунок збільшення їх поверхні, а й завдяки генерації електростатичного поля на відкритих поверхнях твердих частинок.

#### **Список літератури**

1. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінбуд України, 2010, IV, 36 с. - (Національний стандарт України). Бич Г.М. Длительная прочность грунтов и методы ее определения. – Одесса, 1998. – С. 56.
2. Настанова з проектування та улаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів із ніздрюватого бетону автоклавного тверднення: ДСТУ-Н Б В.2.6-202:2015. – [Чинний від 2016-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2016, III, 98 с. - (Національний стандарт України).
3. Бетони легкі та ніздрюваті. Правила контролю середньої густини: ДСТУ Б В.2.7- 278:2011. – [Чинний від 2012-12-01]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – V, 9 с. - (Національний стандарт України).
4. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христич О.В. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.

**Максим Литовка**, ст.гр. БІ-21М, **Павло Дементьєв**, ст.гр. БІ-21М,  
**Вадим Булуй**, ст.гр. БІ-21М

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
*e-mail: yvkr@i.ua*

## Дослідження міцності залізобетонних плит, посилених поперечною арматурою, на продавлювання

Незважаючи на багаторічні роботи дослідників у нашій країні та за кордоном, розрахунок на продавлювання плоских залізобетонних плит залишається вельми недосконалим. Головною причиною такого становища є складності теоретичної оцінки факторів, що впливають на роботу елемента при дії продавлюваної сили.

В основу більшості методик з розрахунку міцності на продавлювання нормативні документи різних країн засновані на методі граничних зусиль.

Суть цього методу полягає в тому, що граничний стан елемента в зоні дії поперечних сил визначається рівновагою сил, що діють у похилому перерізі від зовнішніх навантажень та внутрішніх граничних зусиль.

Складність застосування цього методу полягає у визначенні граничних зусиль у бетоні та поздовжній арматурі. Тому для визначення цих зусиль використовується дані експериментальних досліджень.

Відомі також методи розрахунку, для яких використовуються різні умовні схеми.

Основна ідея методу полягає у наступному. Передбачається, що продавлювання відбувається по бічній поверхні піраміди, меншою основою якої є площа дії сили, що продавлює, а бічні грані нахилені під кутом 45° до горизонталі.

При цьому виходять із припущення, що продавлювання відбувається в момент, коли напруги розтягу розташовані на поверхні тіла продавлювання, перевищують межу міцності бетону на розтяг.

Незважаючи на деякі умовності, пов'язані з використанням опору бетону розтягуванню, така методика представлялася більш перспективною, оскільки вона повніше враховує дійсний характер руйнування під час побудови розрахункової схеми.

Найбільшого поширення нині отримав чисельний метод – метод кінцевих елементів, що базується на критеріях міцності бетону. Даний метод має високу універсальність і при правильному використанні показує хорошу збіжність з експериментами.

Недоліками є чутливість методу до випадкових помилок оператора ЕОМ, також метод вимагає спеціальних знань складних програмних комплексів.

З виконаного огляду випливає, що ефективним методом посилення плит перекриттів, коли до останніх є доступ тільки з одного боку, є метод посилення похилими стрижнями, що встановлюються на клейовому розчині. Досліджень цього способу, нині, мало. Також залишається відкритим питання про вплив стискаючого зусилля з сторони верхньої колони на роботу на продавлювання плит з поперечним армуванням, у тому числі посилених поперечною арматурою.

### Список літератури

1. Nielsen M.P. Limit analysis and concrete plasticity”, CPC Press, Taylor&Francis Group, LLC, 2011.
2. HILTI–AG. Fastening and Protection Systems Feldkircherstr. 100, FL–9494, Schaan. Design Method for Post–Installed Punching Shear Reinforcement with Hilti Tension Anchors HZA, issued 2009–06–25, 2/12p.

Євген Щорба<sup>1</sup>, студент групи БІ-21МЗ, **Andrii Karpushyn**<sup>2</sup>, master level Civil Engineering  
Науковий керівник – **Віктор Пашинський**<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

<sup>2</sup>Riga Technical university, Riga Latvia

e-mail: pva.kntu@gmail.com

## Дослідження показників морозостійкості штукатурного розчину для опорядження фасадів

Для опорядження фасадів часто використовуються бетони та штукатурні розчини на основі цементу з полімерними та іншими добавками, у тому числі сухі суміші заводського виробництва. Однією важливих умов забезпечення довговічності фасадів є морозостійкість облицювальних матеріалів, виражена в кількості циклів заморожування-відтавання, яку здатний витримати матеріал у насиченому водою стані. Цей показник контролюють за методиками, встановленими в Державних стандартах України [1, 2].

Для випробувань на морозостійкість з сухої фасадної штукатурної суміші ШТ-230 заводського виробництва [3] виготовлено 150 зразків розчину у формі кубиків з розмірами 2×2×2 см. По 15 контрольних зразків випробувані на стиск у сухому та насиченому водою стані для визначення початкової міцності розчину. 120 зразків випробувані на морозостійкість при різних ступенях насичення пор водою в межах від 70% до 100% та при різних кількостях циклів заморожування-відтавання в межах від 15 до 150 циклів. Використання малих зразків дало змогу в розумні терміни провести випробування великої кількості зразків при великих кількостях циклів заморожування-відтавання.

З метою отримання залежності показника морозостійкості від ступеню насичення пор розчину водою розроблена технологія випробування зразків з заданою вологістю, яка передбачає герметичне упакування в поліетиленову плівку. На зразках розчину з термопарами, встановленими в середині зразка, визначено час вирівнювання температури зразків з температурою середовища в процесі їх заморожування й відтавання. Наскрізне промерзання в морозильній камері герметично упакованих зразків відбувається протягом 40 хвилин, а відтавання на повітрі – протягом 60 хвилин. Тому тривалість одного циклу заморожування-відтавання малих зразків прийнята рівною 2 години.

Усі виготовлені зразки були обміряні, висушені та зважені з метою отримання вибірок розмірів, об'єму, маси та середньої густини за методикою [4]. Ці технічні характеристики представлені у формі випадкових величин з нормальним законом розподілу [5] та експериментально визначеними числовими характеристиками. Середнє значення густини розчину 1900 кг/м<sup>3</sup> відповідає звичайним характеристикам будівельних розчинів на основі цементу. Середнє значення границі міцності при стиску малих зразків розчину в сухому стані дорівнює 4,40 МПа, а для зразків, насичених водою, отримано 6,09 МПа. Коефіцієнти варіації границі міцності малих зразків 0,336 та 0,323 виявилися набагато більшими від звичайного значення коефіцієнта варіації міцності будівельних розчинів та бетонів. Це можна пояснити тим, що в об'ємах малих зразків практично не відбувається осереднення характеристик розчину, яке реалізується в зразках стандартних розмірів.

Проведено стандартні випробування повністю насичених водою відкритих зразків, а також герметично упакованих зразків при насиченні пор водою на 100%, 90%, 80% і 70% до 15, 25, 50, 75, 100 та 150 циклів заморожування-відтавання. За результатами випробувань отримана таблична залежність границі міцності при стиску від вказаних аргументів, наведена в таблиці 1. З таблиці видно, що при зростанні ступеня заповнення пор водою та кількості циклів заморожування-відтавання границя міцності при стиску зменшується.

Таблиця 1 – Залежність границі міцності при стиску штукатурного розчину від ступеня заповнення пор водою та кількості циклів заморожування-відтавання

| Ступінь насичення пор водою | Границя міцності при кількості циклів заморожування-відтавання: |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                             | 15                                                              | 25   | 50   | 75   | 100  | 150  |
| 100%                        | 6,52                                                            | 6,65 | 5,04 | 4,51 | 3,17 | 2,26 |
| 90%                         | 6,48                                                            | 5,90 | 5,67 | 4,43 | 4,05 | 2,20 |
| 80%                         | 6,00                                                            | 5,21 | 4,82 | 3,69 | 3,03 | 2,59 |
| 70%                         | 6,57                                                            | 5,63 | 5,62 | 4,64 | 4,91 | 4,23 |

Порівняння границі міцності при стиску зразків, підданих циклам заморожування-відтавання, з початковою міцністю контрольних зразків дозволило встановити залежність показника морозостійкості (кількості циклів, яку витримують зразки при 25% зниження початкової міцності) від ступеня насичення пор водою  $N$  та описати її виразом:

$$K = 45 - 0,0021 \cdot (N - 100)^3. \quad (1)$$

При 100% насиченні пор водою випробуваний штукатурний розчин витримує 45 циклів заморожування-відтавання, а при 70% насиченні пор показник морозостійкості дорівнює 100 циклам. Комплексна залежність залишкової міцності зразків (у відсотках від початкової міцності) від ступеня насичення пор водою  $N$  та кількості циклів заморожування-відтавання  $K$  представлена у формі поверхні та наближено описана аналітичним виразом:

$$R_{K\%} = 105 + 0,077 \cdot K - 0,06 \cdot N - 0,0055 \cdot K \cdot N, \quad (2)$$

коефіцієнти якого отримані методом найменших квадратів [5].

З урахуванням викладених вище результатів експериментальних досліджень морозостійкості та опублікованих в статті [6] даних щодо річної кількості циклів переходу температури повітря через  $-18^\circ\text{C}$  виконано орієнтовне прогнозування довговічності фасадної штукатурки за критерієм втрати морозостійкості. Довговічність зростає з півночі на південь України, а також при зменшенні вологості штукатурки. При 100% насиченні пор водою прогнозована довговічність в умовах центральних та північних областей не перевищує 100 років, а в західних і південних областях з більш теплим кліматом вона може сягати 400 років. Особливо виділяються кримські міста, де завдяки високим температурам повітря прогнозована довговічність перевищила 1000 років.

Виконані дослідження показали, що випробуваний штукатурний розчин відповідає вимогам чинних стандартів та забезпечує достатню довговічність фасадів будівель в кліматичних умовах України.

## Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7-42-97 Бетони. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів. К.: Держбуд України, 1997. – 50 с. Режим доступу: <https://dnaop.com/get/47354/>
2. ДСТУ Б В.2.7-48-96 Бетони. Базовий (перший) метод визначення морозостійкості. К.: Держбуд України, 1997. – 8 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dnaop.com/get/59371/>
3. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.- 59 с. Режим доступу: [http://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTU1/dstu\\_b\\_v.2.7-126-2011.pdf](http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTU1/dstu_b_v.2.7-126-2011.pdf)
4. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 38 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dnaop.com/get/43938/>
5. Статистичні методи в інженерних дослідженнях. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей. / В.А. Пашинський: – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 106 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10108>
6. Пашинський В.А. Температура атмосферного повітря як чинник довговічності будівельних матеріалів / В.А. Пашинський, А.М. Карюк. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.– Зовнішнєрекламсервіс, 2012 – Випуск № 47, частина 2. – С. 282-287. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/8372>.

**Інна Заворуєва**, магістрантка гр. БІ-21МЗ, **Єгор Кочергін**, магістрант гр. БІ-21МЗ,  
**Станіслав Джирма**, доц., канд. техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: stas55871@ukr.net

## Дослідження технології зведення монолітних каркасних будинків за допомогою різних типів опалубки

Основним питанням під час зведення монолітних каркасних будинків є економічність об'єкта при дотриманні технології та якості робіт. Вагомим показником є загальна кошторисна вартість будівництва. До цінової складової повинні бути включені всі витрати пов'язані зі зведенням будівлі.

Зведення будинків за каркасно-монолітною технологією дозволяє реалізувати будь-які архітектурно-планувальні рішення, виконувати вільне внутрішнє планування приміщень, вести будівництво круглий рік, а відсутність необхідності в заводах залізобетонних виробів робить цю технологію сучасною і актуальною.

Якість зведення конструкцій і терміни будівництва більшою мірою залежать від опалубки, яка застосовується.

На даний час існує багато сучасних опалубочних систем, які можна класифікувати за різними ознаками. За конструктивними особливостями: індивідуальні, інвентарні, розбірно-пересувні, об'ємно-переставні, блочні, ковзні, пневматичні тощо. За кількістю елементів: дрібнощитові і великощитові. За матеріалом, який використовується: дерев'яні, металеві, деревометалеві, пластмасові, комбіновані. По функціональному призначенню опалубку класифікують від типу конструкцій, що бетонуються: для вертикальних поверхонь (стін, колон тощо), для горизонтальних і похилих поверхонь, для одночасного бетонування стін і перекриттів, для бетонування криволінійних поверхонь.

Розглядаючи весь спектр опалубок, які пропонуються на ринку України, основну увагу приділено перевагам і недолікам кожного виду опалубки і підбирався такий вид опалубки, як для зведення стін, колон, пілонів так і для улаштування перекриття, що є найбільш економічно вигідним.

Застосовуючи метод комбінаторики розглянуто декілька варіантів зведення монолітних конструкцій каркасної будівлі в різних типах опалубки, щоб обрати найбільш економічний.

Для досягнення цієї мети складені кошторисні розрахунки прямих витрат на наступні роботи: збирання і розбирання опалубки стін, колон і перекриття; установлення арматури в опалубку стін, колон і перекриття; укладання бетонної суміші; установлення сходових маршів з використанням Державних будівельних норм і Державних будівельних стандартів України. Для підрахунків кошторисної вартості зведення монолітних каркасних залізобетонних конструкцій застосовано програму «Інпроект – Випуск Кошторисів» версія 1.917.0630.

Для аналізу економічної доцільності застосування оптимального комплексу опалубки зведення будівлі розглянуто наступні варіанти комбінацій опалубних систем:

Варіант 1: для стін та пілонів – щитова опалубка «Дока», для перекриття – опалубка типу «балка-стійка» ГИПРО.

Варіант 2: для стін та пілонів – щитова опалубка «Дока», для перекриття – опалубка типу «опалубний стіл».

Варіант 3: для стін та пілонів – блокова опалубка «Outinord», для перекриття – опалубка типу «балка-стійка» ГИПРО.

Варіант 4: для стін та пілонів – блокова опалубка «Outinord», для перекриття – опалубка типу «опалубний стіл».

Варіант 5: для стін та пілонів – об'ємно-переставна опалубка «Дока», для перекриття – опалубка типу «балка-стійка» ГИПРО.

Варіант 6: для стін та пілонів – об'ємно-переставна опалубка «Дока», для перекриття – опалубка типу «опалубний стіл».

Варіант 7: для стін та пілонів – ковзна опалубка, для перекриття – опалубка типу «балка-стійка» ГИПРО.

Варіант 8: для стін та пілонів – ковзна опалубка, для перекриття – опалубка типу «опалубний стіл».

Кошторисні розрахунки прямих витрат для порівняння опалубних систем виконані на обсяг робіт щодо зведення 2 поверхів залізобетонних конструкцій: пілонів, стін та перекриття. Вартість прийнята з урахуванням часу на виконання повного комплексу робіт: збирання опалубки стін, установлення арматурних каркасів в опалубку, бетонування стін товщиною 200 мм і пілонів товщиною 250 мм, розбирання опалубки стін, збирання опалубки перекриття, укладання арматурних каркасів в опалубку перекриття, бетонування перекриття товщиною 200 мм, розбирання опалубки перекриття. Отримані результати приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Техніко-економічні показники робіт по зведенню несучих залізобетонних конструкцій будівлі

| № варіанту комбінації опалубних систем | Трудомісткість опалубних робіт, люд-год. | Трудомісткість бетонних робіт, люд-год. | Трудомісткість арматурних робіт, люд-год. | Вартість прямих витрат опалубних робіт, грн. | Вартість прямих витрат бетонних робіт, грн. | Вартість прямих витрат арматурних робіт, грн. | Загальна вартість прямих витрат, грн. |
|----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1                                      | 6080,47                                  | 1545,53                                 | 1679,13                                   | 1592929,98                                   | 2921470,96                                  | 2245413,10                                    | 6278567,18                            |
| 2                                      | 6972,24                                  | 1545,53                                 | 1679,13                                   | 2459607,6                                    | 2921470,96                                  | 2237812,86                                    | 7627985,38                            |
| 3                                      | 8499,86                                  | 1545,53                                 | 1679,13                                   | 1340223,84                                   | 2921470,96                                  | 2240216,86                                    | 6511005,62                            |
| 4                                      | 9391,64                                  | 1545,53                                 | 1679,13                                   | 1735132,92                                   | 2921470,96                                  | 2239931,26                                    | 6905629,10                            |
| 5                                      | 11407,00                                 | 1545,53                                 | 1679,13                                   | 1890558,22                                   | 2921470,96                                  | 2239023,76                                    | 7060146,90                            |
| 6                                      | 12297,98                                 | 1545,53                                 | 1679,13                                   | 2182884,30                                   | 2921470,96                                  | 2239023,76                                    | 7352472,98                            |
| 7                                      | 5108,54                                  | 1478,24                                 | 952,11                                    | 4339182,78                                   | 2926577,52                                  | 2017612,68                                    | 7712190,66                            |
| 8                                      | 6000,32                                  | 1478,24                                 | 952,11                                    | 4917757,16                                   | 2926577,52                                  | 2017612,68                                    | 8238765,04                            |

Відповідно до виконаних економічних розрахунків і проаналізувавши технологію виконання монолітних робіт по зведенню конструкцій каркасної будівлі відповідно до кожного варіанту розглянутої опалубки побудовано графічну залежність вартості виконання монолітних робіт від варіанту комбінацій опалубних систем (рис. 1).

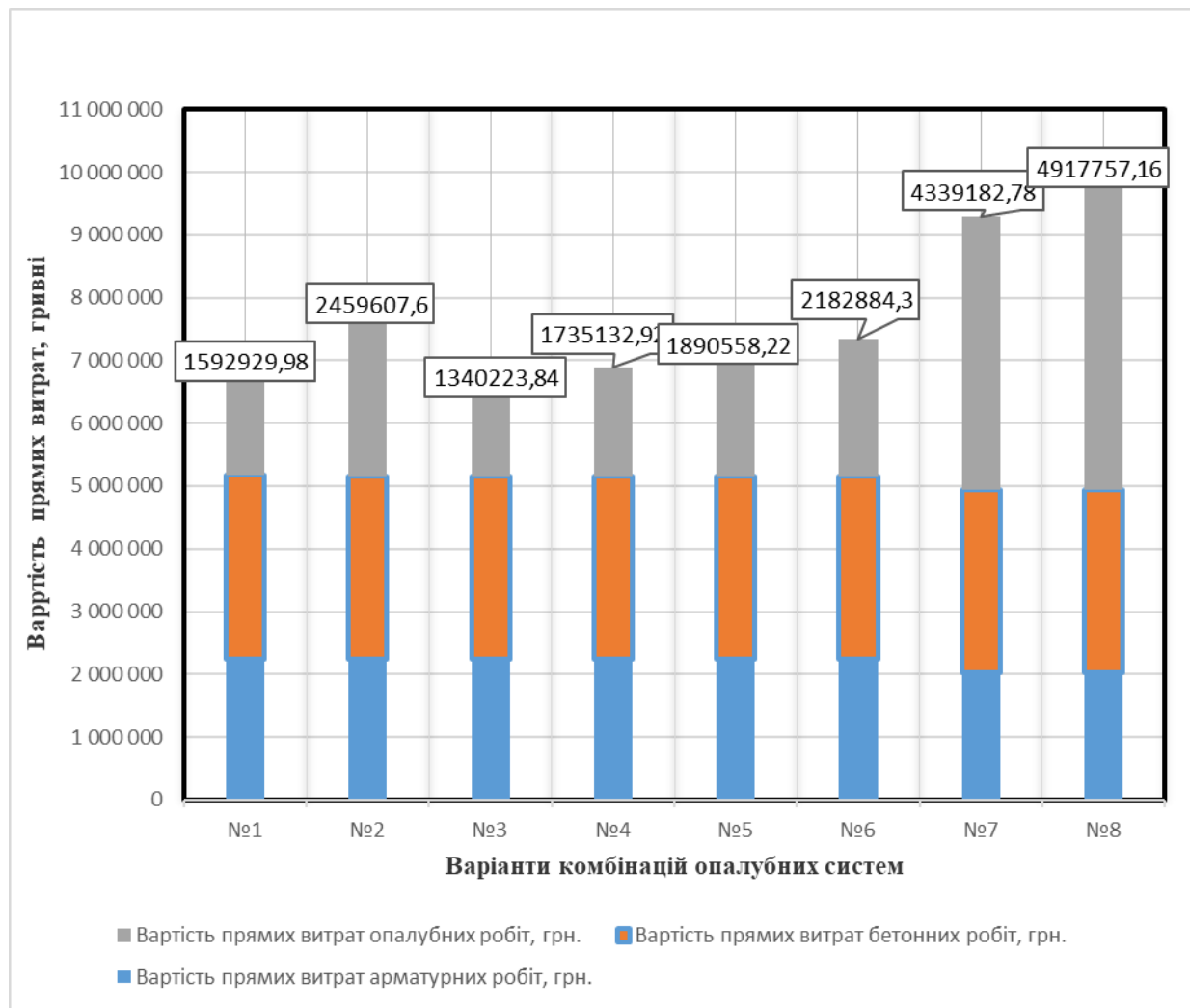


Рисунок 1 – Графічна залежність вартості виконання монолітних робіт від варіанту комбінацій опалубних систем

#### Висновок.

Приведені результати техніко-економічного аналізу підтверджують економічну доцільність використання варіанту комплекту опалубок №3 і дозволяють отримати економію трудових і фінансових ресурсів.

#### Список літератури

1. Організація будівельного виробництва. Управління, організація і технологія: ДБН А.3.1-5-2016. – К., Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 52 с. (Державні будівельні норми України).
2. Опалубка для зведення монолітних бетонних і залізо-бетонних конструкцій. Класифікація і загальні технічні вимоги: ДСТУ Б В.2.8-41:2011 – К., Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 13 с. (Національний стандарт України).
3. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення: ДБН А.3.2-2–2009 К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 116 с. (Державні будівельні норми України).

Максим Львов<sup>1</sup>, магістрант БІ-21МЗ, Юрій Берестенко<sup>1</sup>, студент гр. БІ-21СКЗ,  
Зоя Аносова<sup>2</sup>, викладач

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет

<sup>2</sup>Кропивницький будівельний фаховий коледж

e-mail: kirbudcolledge@gmail.com

## Закономірності взаємодії основи з комбінованим підсиленням стрічковим фундаментом

В роботі проведено аналіз способів підсилення фундаментів без розробки котлованів та з дотриманням природної структури ґрунтів основи.

**Ключові слова:** ґрунтова основа, буроін'єкційні палі, підсилення основ, деформації, пальовий фундамент.

Застосування паль для підсилення фундаментів зумовлюється різною структурою ґрунтів у безпосередній близькості від підшви (при наявності ґрунтових вод), з високою деформованістю ґрунтів. Палі дають можливість передати навантаження на наступні по глибині шари основи, коли розширення підшви стає малоефективним. Зазвичай застосовують буронабивні, буроін'єкційні, вдавлювані або інші типи паль, які не чинять негативного впливу на надфундаментні конструкції.

При підсиленні стрічкових фундаментів буронабивними палями їх розташовують паралельними рядами з обох боків, тобто роблять виносними. Відстань між палями в поперечному напрямку визначається шириною фундаменту, а також зручністю розташування будівельного обладнання. Під час підсилення стовпчастих одиночних фундаментів палі влаштовують у вигляді куща. Голови паль з арматурними випусками пов'язують залізобетонною обіймою, яку виконують навколо наявного фундаменту.

Буроін'єкційні палі можна застосовувати для підсилення основ будівель і споруд під час будівництва поруч із ними нових об'єктів, зокрема й під час прокладання тунелів. Для підсилення основ буроін'єкційними палями через стіни і фундамент будівлі, що підсилюється, пробурюють вертикальні або похилі свердловини діаметром 80-250 мм буровими установками. Після закінчення буріння і вилучення бурового снаряда, в свердловину, заповнену глинистим розчином, опускають по секціях і встановлюють арматурний каркас. Потім у свердловину опускають ін'єктор, через який подають цементно-піщаний розчин під тиском до 0,3 МПа і здійснюють бетонування палі.

Відомо, що несуча здатність групи паль, відрізняється від несучої здатності одиночної палі. Це залежить від наступних факторів: фізико-механічних властивостей ґрунту, відстані між палями, довжини паль, числа паль у групі, форми групи, способу влаштування паль і типу ростверку [1].

На несучу здатність палі в кущі впливає їх кількість. При збільшенні кількості паль ефективність використання несучої можливості палі в кущі знижується [2]. Опір тертю ґрунту по бічній поверхні палі у складі куща пальового фундаменту може бути повністю реалізовано тільки в тому випадку, якщо епюри вертикальних напружень у горизонтальній площині нижче кінців паль від сил тертя на їхній бічній поверхні не перекривають один одного. Однак це можливо тільки при дуже коротких палях, розсунутих на значну відстань. У переважній кількості випадків остання умова не дотримується, тому епюри напруження накладаються один на одного, і несуча здатність палі, що працює у складі пального фундаменту, знижується. Зі збільшенням числа внутрішніх паль у пальному фундаменті, тобто при збільшенні розмірів пальового фундаменту ефект зниження його несучої здатності

буде сильнішим. Крім кількості паль у кущі, відстані між ними та ґрунтових умов, на характер передачі навантаження палями на ґрунт основи в значною мірою впливає довжина палі. Збільшення взаємного впливу паль в кущі, залежить від збільшення довжини палі.

Аналіз вітчизняних та зарубіжних джерел показав, що зі зростанням відносного заглиблення палі взаємний вплив зростає і залишається практично постійним лише при  $L/d > 20$ .

Збільшення осідання під час роботи куща відбувається ще й у результаті складання напружень у площині нижніх кінців від суміжних паль. Як показали дослідження, додане до ростверку навантаження передається на палі нерівномірно. Вітчизняними дослідниками встановлено [3] поведінку ряду з трьох паль з кроком  $3d$  з високим ростверком, зробив висновок, що розподіл навантаження між палями відбувається нерівномірно. Крайні палі мають велику несучу здатність. Так, при осіданні 13,6 мм загальне навантаження на ряд становило 1650 кН, при цьому крайні палі сприйняли по 575 кН, а середня – 500 кН.

Багатьма дослідниками було експериментально доведено, що частина навантаження від споруди передається на ґрунт не тільки, палями, але й безпосередньо через підшву ростверку [4], що спирається на ґрунт міжпалевого простору. Проведено статичні випробування пальових фундаментів з низьким ростверком для оцінки вкладу ростверку в несучу здатність і осідання пальового фундаменту. Проводилися випробування окремих паль та кущів з високим та низьким ростверком. Відстань між осями паль у кущах становили  $3d$ ,  $4,5d$ ,  $6d$ . Розглянувши отримані результати, слід відзначити, що несуча здатність паль у кущах порівняно з одиночними палями збільшилася на 20-65%. Причому найбільше збільшення було досягнуто на відстані між палями  $6d$ . Порівняння результатів випробувань кущів з високим і низьким ростверком показало, що несуча здатність палі в кущах з низьким ростверком на 20 % більша за аналогічну палю в кущах з високим ростверком.

## Висновки

За допомогою буроін'єкційних паль можна проводити підсилення фундаментів, не розробляючи котлованів і не порушуючи природної структури ґрунтів основи, оскільки обладнання, яке застосовують для їхнього облаштування, не створює динамічних впливів, і, крім того, воно малогабаритне і може бути встановлене як усередині житлового або виробничого приміщення, так і в його підвальній частині. Підсилення цим способом найдоцільніше виконувати, якщо ґрунти основи реконструйованої будівлі мають низьку несучу здатність. У цьому разі частину або все навантаження від фундаменту передають на більш глибоко розташовані міцні шари ґрунту. Підсилення фундаментів шляхом влаштування буроін'єкційних паль можливе в будь-яких ґрунтових умовах, водночас вартість робіт знижується в 2-2,5 рази порівняно з влаштуванням буронабивних паль.

## Список літератури

1. Борт О.В. Нелінійна модель деформування ґрунтових основ у інкрементальній постановці при плоскому напруженому стані // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. – Вип.58. – К.: НДІБК, 2003. – С. 102-108.
2. Бойко І.П., Ключка В.М. Вплив розташування паль на напружено-деформований стан захисних підпірних стінок // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. – Вип. 61. – К.: НДІБК, 2004. – Т. 2. – С. 283-285.
3. Друкований М.Ф., Титко О.В. Характеристика напружено-деформованого стану ґрунту підвалин пальових фундаментів // Вісник ВПІ.– Вінниця – 2002. – №3. – С. 15-19.
4. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Ч. II: Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах : ДБН В.1.1-5-2000. – [Чинний від 2000-07-01]. – Офіц. вид. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України : Держбуд України, 2000. – 84 с. – (Нормативний документ Держбуду України).

Сергій Карпушин<sup>1</sup>, доцент, к.т.н., Володимир Пантелесенко<sup>2</sup>, доцент, к.т.н., Андрій Червоноштан<sup>2</sup>, інженер, Andrii Karpushyn<sup>3</sup>, master level Civil Engineering

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

<sup>2</sup>ДВНЗ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м. Дніпро, Україна

<sup>3</sup>Riga Technical university, Riga, Latvia

e-mail: karp22.05.1972ksa@gmail.com

## Застосування вім-технологій для уточненого врахування навантажень від самонесучих міжквартирних перегородок в сучасних багатоповерхових будинках з підземним паркінгом

Постановка проблеми. Класичні методики проектування та розрахунку багатоповерхових житлових багатоквартирних будинків передбачають врахування навантаження від власної ваги самонесучих перегородок, як рівномірно розподілене навантаження по усьому диску (плиті) перекриття (рис.1). Це допущення застосовується практикуючими інженерами і стосується майже усіх типів та розмірів перегородок, зокрема і міжквартирних цегляних перегородок товщиною 250 мм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практичний досвід проектування сучасних багатоповерхових будівель з монолітного залізобетону в сучасних реаліях щільної міської забудови із застосуванням ВІМ – технологій дозволяє поставити під сумнів доцільність даного допущення. Окрім того, у зв'язку з останніми тенденціями в новому будівництві зросла кількість об'єктів з підземним паркінгом, що зробило розрахункову схему ще більш вразливою до такого типу спрощення.

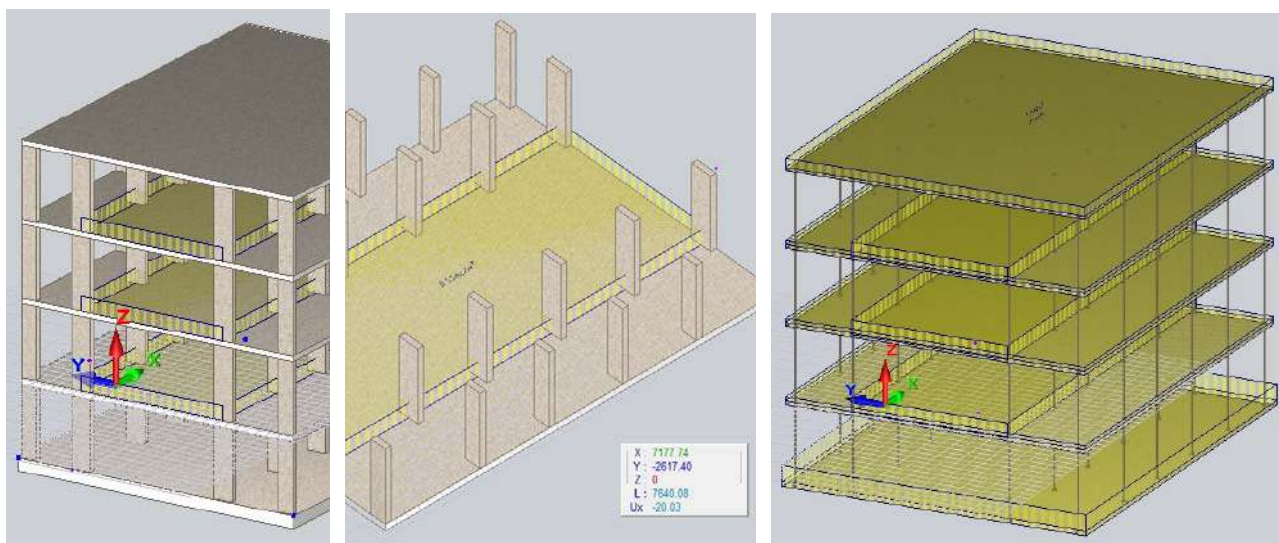


Рисунок 1 – Класична схема навантаження дисків перекриття від самонесучих міжквартирних перегородок шляхом рівномірного розподілу навантаження (програмний комплекс (ПК) «Сапфір»).

Основний матеріал. Розглянемо в якості прикладу проект житлового 10-ти поверхового Г - подібного в плані будинку в монолітному залізобетонному каркасі з підземним паркінгом. Даний будинок представляє собою типову розрахункову схему нової багатоповерхової будівлі з підземним паркінгом та цегляними самонесучими перегородками на типових поверхах.

На рис. 2 представлено план підземного паркінгу. На рис. 3 план типових надземних поверхів.

Проїзд в паркінгу, який при двосторонньому русі має становити не менше 6000 мм [1] в ширину та 3500 мм при односторонньому, призводить до великого прольоту в центральній частині будинку. Коридори на типових поверхах, які обмуровуються цегляними стінами 250 мм, в свою чергу часто знаходяться в центральній частині цього прольоту. Відповідно дозволяючи собі спрощення у вигляді задання навантаження від перегородок рівномірно розподіленим навантаженням буде означати, що ми не враховуємо навантаження від перегородки між квартирами та коридором, які розміщені майже посередині найбільшого прольоту будівлі. Для даної будівлі це проліт між осями Е-Є (див. рис. 2 і рис. 3).

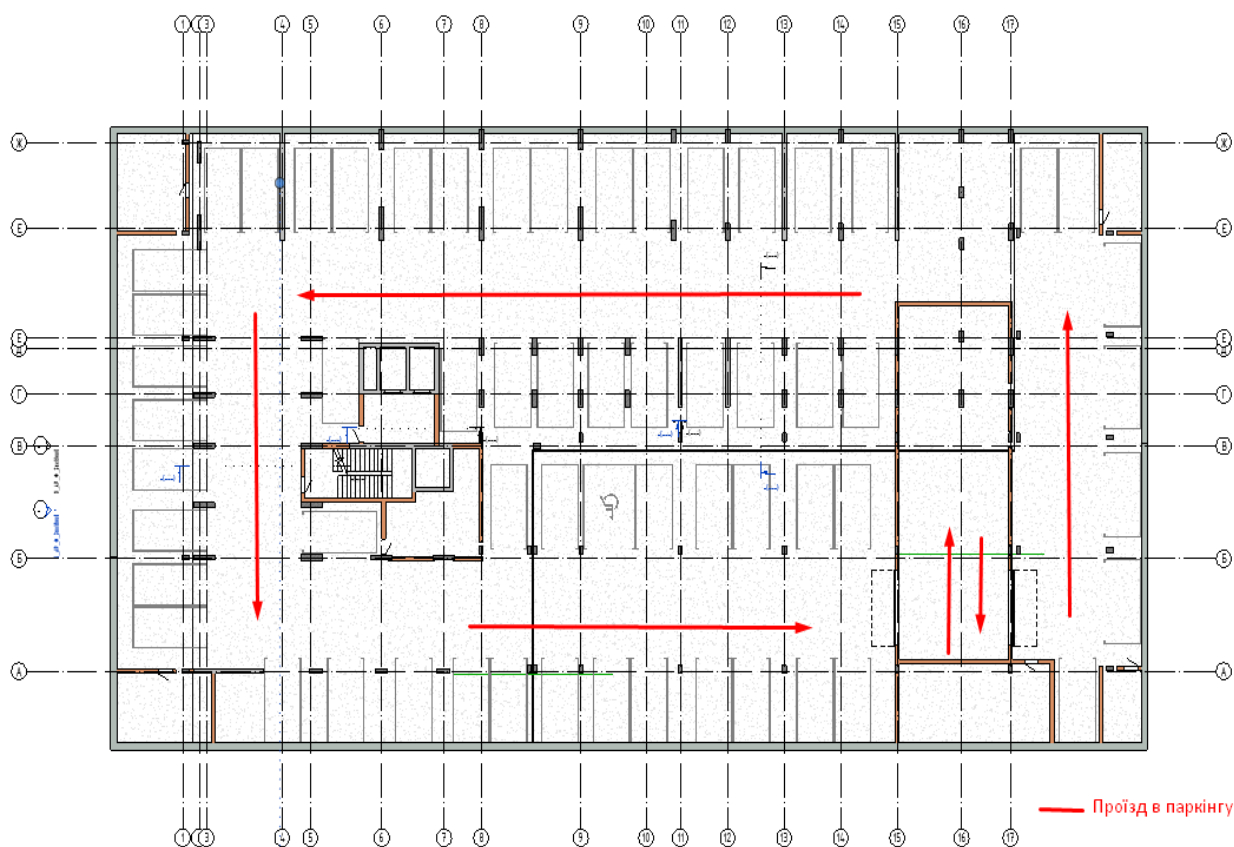


Рисунок 2 – План підземного паркінгу.



Рисунок 3 – План типового поверху.

Виконаємо попередні, орієнтовні розрахунки.

Приймаємо самонесучу перегородку з повнотілої цегли (густиною  $1900 \text{ кг/м}^3$ ) товщиною 250 мм., висотою 3 м. та врахуємо по 20 мм. штукатурки (густиною  $2000 \text{ кг/м}^3$ ) з обох боків перегородки.

Тоді, експлуатаційне навантаження від цегли  $\frac{250 \cdot 1900}{100000} = 4,75 \text{ кН/м}^2$ , граничне навантаження  $4,75 \cdot 1,2 = 5,7 \text{ кН/м}^2$ .

Експлуатаційне навантаження від штукатурки  $\frac{40 \cdot 2000}{100000} = 0,8 \text{ кН/м}^2$ , гран. навантаження  $0,8 \cdot 1,3 = 1,04 \text{ кН/м}^2$

Разом гран. навантаження  $5,7 + 1,04 = 6,74 \text{ кН/м}^2$

Тоді погонне навантаження:  $6,74 \cdot 3 = 20,22 \text{ кН/мп}$  або 2,022 тс/мп (Таких стін в прольоті мінімум дві).

За умови лінійного локального розподілу навантаження від перегородки (рис.4) на диск перекриття отримаємо значення деформацій останньої на 10...11% більші (рис.5).

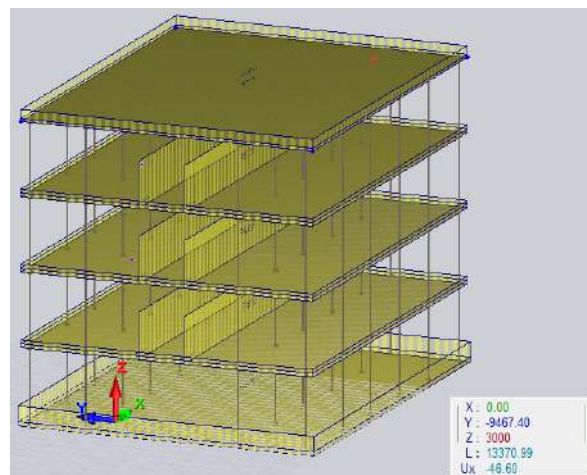
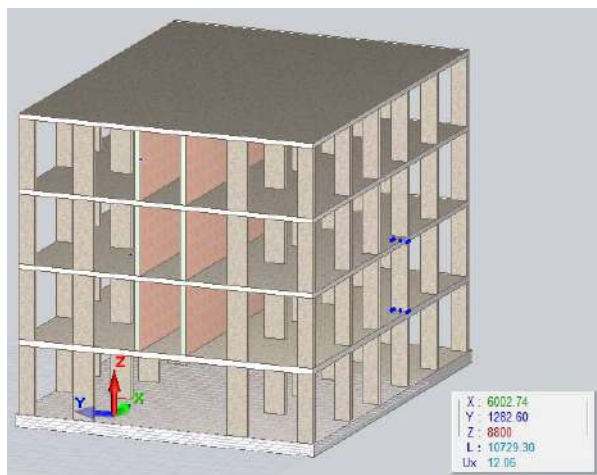
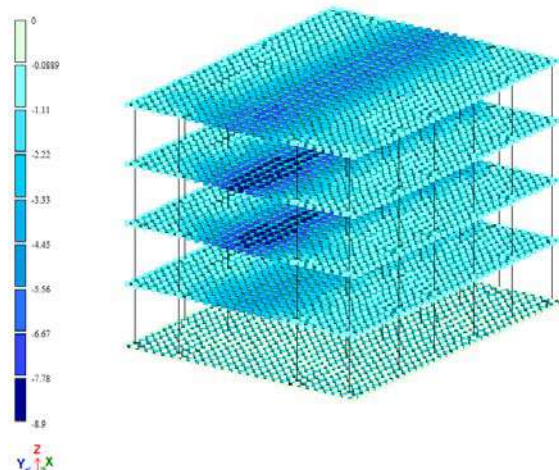


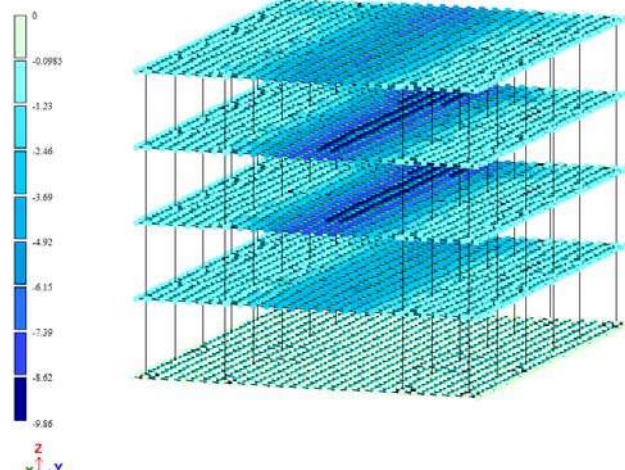
Рисунок 4 – Розрахункова схема за умови лінійного локального розподілу навантаження від перегородки (ПК «Сапфір»).

Мітка перетинаний по Z(O)  
Единиця вимірювання - мм



а)

Мітка перетинаний по Z(O)  
Единиця вимірювання - мм



б)

Рисунок 5 – Результати розрахунку деформацій дисків перекриття в ПК Ліра-САПР: а) – рівномірно розподілене навантаження; б) – лінійне локальне.

Висновок: В результаті співставлення способів прикладання навантажень від міжквартирних самонесучих перегородок встановлено, що при відході від формалізованого спрощеного методу до лінійного локального розподілу навантажень спостерігається 10...11% уточнення деформаційних показників з.б. дисків перекриття. Величина деформацій збільшується та ймовірно буде підвищуватися зі збільшенням кількості поверхів.

#### Список літератури

1. ДБН В.2.3-15:2007 Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів.

**Сергій Неділько**, студент групи БІ-21МЗ, **Віталій Новіков**, студент групи БІ-21М  
 Науковий керівник – **Віктор Пашинський**, проф., д-р техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
*e-mail: pva.kntu@gmail.com*

## Зниження витрат сталі на центрально стиснуті стержні у результаті збільшення їх граничної гнучкості

При підборі перерізів центрально стиснутих стержнів контролюється умова стійкості та обмеження гнучкості граничної гнучкості  $\lambda_u$ . Смысл обмеження гнучкості полягає у тому, щоб стержні були достатньо жорсткими в поперечному напрямку і не пошкоджувалися в процесі транспортування та монтажу. Чинні норми проектування ДБН В.2.6-198:2014 [1] встановлюють такі граничні гнучкості для стержнів кроквяних ферм:

- стиснуті пояси, опорні розкоси та опорні стояки плоских ферм із труб та парних кутиків
 
$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot \alpha, \quad (1)$$

- стиснуті розкоси та стояки плоских ферм із труб та парних кутиків
 
$$\lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha, \quad (2)$$

де  $\alpha$  – результат перевірки стійкості за формулою з [1], але не менше від 0,5.

Досвід проектування кроквяних ферм показує, що за критерієм граничної гнучкості (2) зазвичай підбираються перерізи середніх стиснутих розкосів кроквяних ферм, особливо при використанні легких покрівель та відповідно – невеликих зусиллях у цих розкосах.

У даний час розроблені зміни до ДБН В.2.6-198:2014 [1], у яких передбачено для стиснутих елементів встановити єдине значення граничної гнучкості  $\lambda_u = 200$ . Упровадження цієї норми повинно привести до зменшення перерізів слабо навантажених елементів решітки і зниження металоємності кроквяних ферм.

Завдання даного дослідження полягає в оцінюванні впливу граничної гнучкості на металоємність центрально стиснутих стержнів різного призначення. Розглянуті стержні з рівнобічних парних кутиків, які використовуються в кроквяних фермах, а також з гнутозамкнутих зварних профілів (квадратних труб), які застосовуються в кроквяних фермах та в якості легких колон громадських будівель. За результатами аналізу схем реально вживаних конструкцій кроквяних ферм та колон громадських будівель для аналізу прийняті сім значень довжини стержнів від 2 м до 8 м з кроком 1 м. Зусилля в стержнях з парних кутиків змінюються від 0 до 1000 кН з кроком 100 кН, а в стержнях з квадратних труб – від 0 до 300 кН з кроком 50 кН.

Для усіх комбінацій поздовжньої сили та довжини стержнів підібрані перерізи стержнів з урахуванням трьох значень граничної гнучкості:

- за формулою (1) для колон, стиснутих поясів і розкосів кроквяних ферм;
- за формулою (2) для стержнів решітки кроквяних ферм;
- при значенні 200, яке запропоноване у змінах до ДБН В.2.6-198:2014 [1].

Розрахунки виконані в середовищі Microsoft Excel за загальновідомою методикою, яка реалізує перевірку стійкості та гнучкості центрально стиснутого стержня згідно з вимогами чинних ДБН В.2.6-198:2014 [1]. Загалом підібрані перерізи 231 стержня з парних рівнобічних кутиків та 147 стержнів з квадратних труб. Результати розрахунків дозволили виявити залежності відсотків економії сталі, визначених як відсотки зменшення площі перерізу  $\Delta_A$ , від поздовжньої сили  $N$ , довжини стержнів  $L$  та величини граничної гнучкості. Отримані залежності подібні за загальним характером, але мають значні випадкові коливання, обумовлені великими кроками зміни характеристик сортаменту кутиків та квадратних труб.

Попри істотні випадкові відхилення, при значеннях  $\Delta_A > 0$  залежності  $\Delta_A$  від  $L$  і  $N$  близькі до лінійних. Це дозволило описати їх аналітичним виразом

$$\Delta_A = a + b \cdot L + c \cdot N + d \cdot L \cdot N + e \cdot L^2, \quad (3)$$

коефіцієнти якого  $a, b, c, d, e$  визначені методом найменших квадратів [2]. Значення цих коефіцієнтів для чотирьох проаналізованих залежностей наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти залежності (3)

| Тип перерізу    | Початкове значення $\lambda_{cl}$ | a     | b    | c      | d     | e     |
|-----------------|-----------------------------------|-------|------|--------|-------|-------|
| Парні кутики    | за (1)                            | 19,2  | 2,93 | -0,15  | 0,013 | 0     |
|                 | за (2)                            | 1,38  | 2,71 | -0,065 | 0,003 | 0     |
| Квадратні труби | за (1)                            | -25,8 | 23,8 | -0,34  | 0,047 | -2,53 |
|                 | за (2)                            | -3,87 | 8,10 | -0,31  | 0,042 | -0,91 |

За формулою (3) та коефіцієнтами з таблиці 1 на рисунках 1...4 побудовані графіки, які відображають згладжені в результаті апроксимації залежності відсотка економії сталі від поздовжньої сили та довжини стержня. З рисунків 1, 2 видно, що економія сталі загалом зростає при збільшенні довжини стержня та зменшенні навантаження на нього. В коротких стержнях з великими навантаженнями економія сталі відсутня, оскільки перерізи таких стержнів досить великі та забезпечують гнучкості стержнів, менші від встановлених в ДБН [] значень (1) чи (2).

Формула (3) з коефіцієнтами з таблиці 1 або рисунки 1, 2 дозволяють наближено прогнозувати відсотки економії сталі від збільшення граничної гнучкості залежно від поздовжньої сили та довжини центрально стиснутого стержня з рівнобічних парних кутиків.

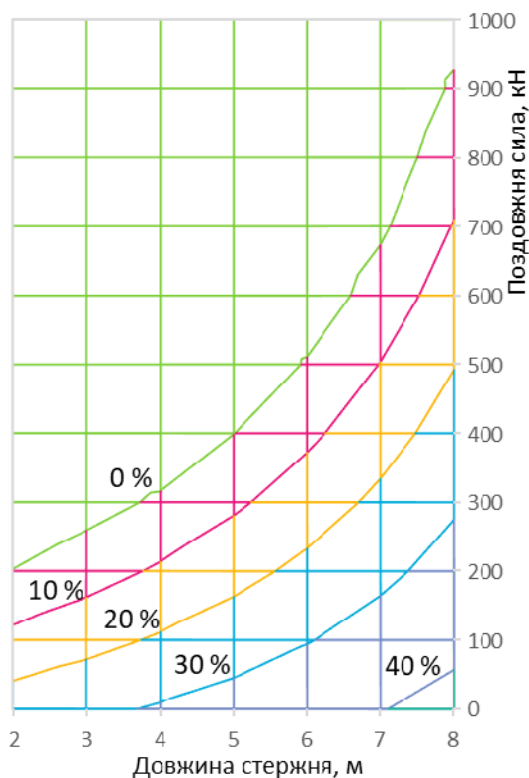


Рисунок 1 – Залежність відсотка економії сталі від поздовжньої сили та довжини стержня з парних кутиків при збільшенні граничної гнучкості від (1) до значення 200

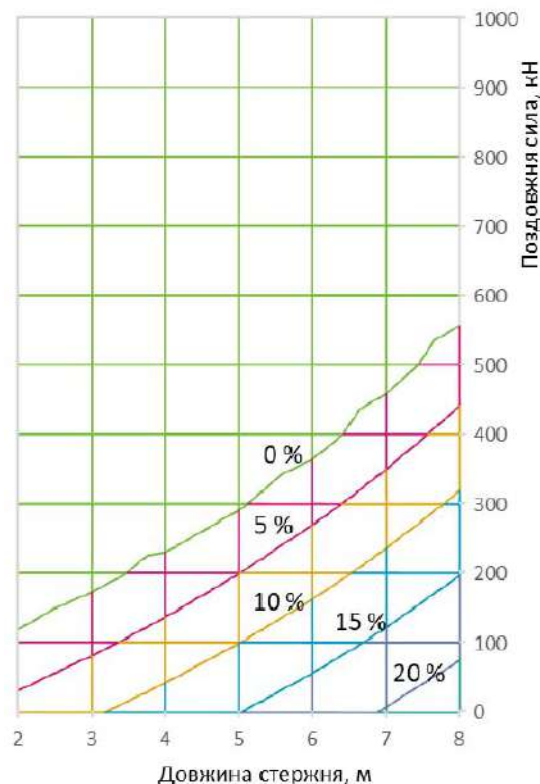


Рисунок 2 – Залежність відсотка економії сталі від поздовжньої сили та довжини стержня з парних кутиків при збільшенні граничної гнучкості від (2) до значення 200

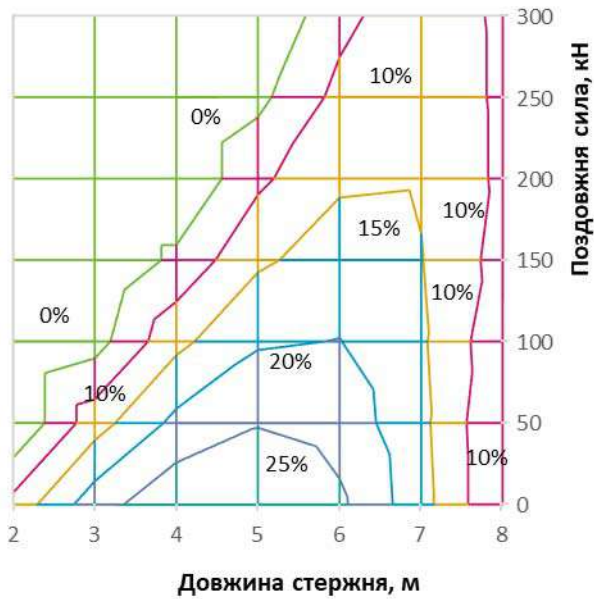


Рисунок 3 – Залежність відсотка економії сталі від поздовжньої сили та довжини стержня з квадратних труб при збільшенні граничної гнучкості від (1) до значення 200

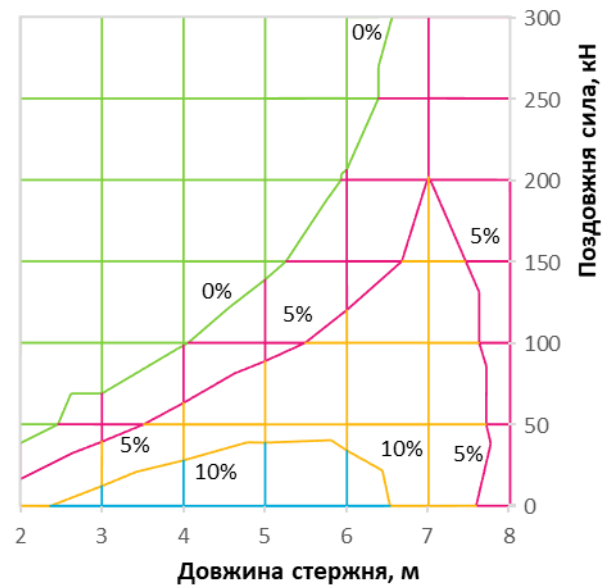


Рисунок 4 – Залежність відсотка економії сталі від поздовжньої сили та довжини стержня з квадратних труб при збільшенні граничної гнучкості від (2) до значення 200

З рисунків 3, 4 видно, що характер зміни відсотка економії сталі на стержні з квадратних труб дещо відрізняється від аналогічних залежностей для стержнів з парних кутиків, які наведені на рисунках 1, 2. Максимум економії припадає не на найдовші стержні, а на стержні довжиною 5...6 м. Відсутність економії для довгих стержнів можна пояснити більш ефективними перерізами стержнів з квадратних труб порівняно з парними кутиками. При подібних площах перерізу вони мають настільки великі радіуси інерції, що їх гнучкість на перевищує межі граничної гнучкості за ДБН [1], а тому збільшення граничної гнучкості у багатьох випадках не змінює перерізів стержнів з квадратних труб. Детальний аналіз результатів підбору перерізів вказує на те, що зазвичай використовувалися квадратні труби з найменшою товщиною стінки, оскільки вони мали мінімально можливу площу перерізу та відповідно – великі радіуси інерції.

За результатами підбору перерізів 231 стержня з парних рівнобічних кутиків та 147 стержнів з квадратних труб встановлено, що при тих же довжинах і навантаженнях площі перерізів стержнів з квадратних труб отримані у 3...4 рази меншими. При цьому досить близькими є також значення гнучкості та коефіцієнтів використання стійкості.

Зменшення граничної гнучкості від значень (1) чи (2) до  $\lambda_{ch} = 200$  практично не впливає на порівняно короткі стержні при дії великих навантажень. Зменшення площ перерізів стержнів при малих навантаженнях у результаті переходу від граничної гнучкості за (1) до  $\lambda_{ch} = 200$  може сягати 40% для стержнів з парних кутиків та 25% для стержнів із квадратних труб. При переході від граничної гнучкості за (2) до  $\lambda_{ch} = 200$  економія сталі може досягати 20% та 10% відповідно.

Загалом проведений аналіз вказує на можливість отримання значної економії сталі при проектуванні центрально стиснутих стержнів з певними комбінаціями довжини та поздовжньої сили за рахунок збільшення граничної гнучкості цих стержнів.

## Список літератури

1. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. К.: Мінрегіон України, 2014. – 199 с.
2. Статистичні методи в інженерних дослідженнях. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей. / В.А. Пашинський. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 106 с.

**Микола Нестеренко**, к.т.н., доцент, **Олександр Орісенко**, к.т.н., доцент,  
**Денис Сідан**, аспірант, **Артем Шокало**, аспірант  
 Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава,  
 Україна  
 e-mail: nesterenkonikola@gmail.com

## Лабораторний будівельний 3D принтер

Стандартний будівельний 3D-принтер функціонує дуже подібно до стандартного принтера FDM. Це в першу чергу тому, що обидві технології засновані на екструзії матеріалу. Тому їхні процеси дуже схожі один на одного: спочатку створюється цифрова 3D-модель за допомогою програмного забезпечення для 3D-моделювання. Потім модель розрізається і перекладається в G-код. G-Code потім направляє друкувальну головку, яка шарами укладає матеріал, що подається з бетонозмішувача, доки не буде виготовлений останній елемент. Звичайний будівельний 3D-принтер призначений для виготовлення деталей шляхом екструзії матеріалу, що складається з друкуючої головки (екструдера), яку прикріплено до порталної системи або системи роботизованої руки, схожої на кран. Залежно від типу бетонного 3D-принтера його конструкція, можливості та процес варіюються. Кожен з них має певні переваги та недоліки в залежності від бажаного застосування. Обсяг зони друку, точність друку, практичність та ефективність конкретного 3D-принтера будуть відрізнятися залежно від його системи, технології, виробника та передбачуваного застосування.

Основним і найбільш відповідальним є підготовка бетонної суміші. Під час підготовки бетонної суміші потрібно враховувати наступні параметри: швидкість вкладання, висота суміші та час повторного накладання нового шару.

Подача бетону до екструдера може бути постійна або циклічна

Під час 3D-друку бетонна суміш видавлюється з принтера через форсунку.

Розглянувши відомі конструкції 3D-принтерів для створення лабораторного обладнання було обрано схему подачі бетонної суміші в зону друку, що включає два етапи це приготування суміші та її подальше нагнітання через рукава подачі до екструдера (рисунок 1).

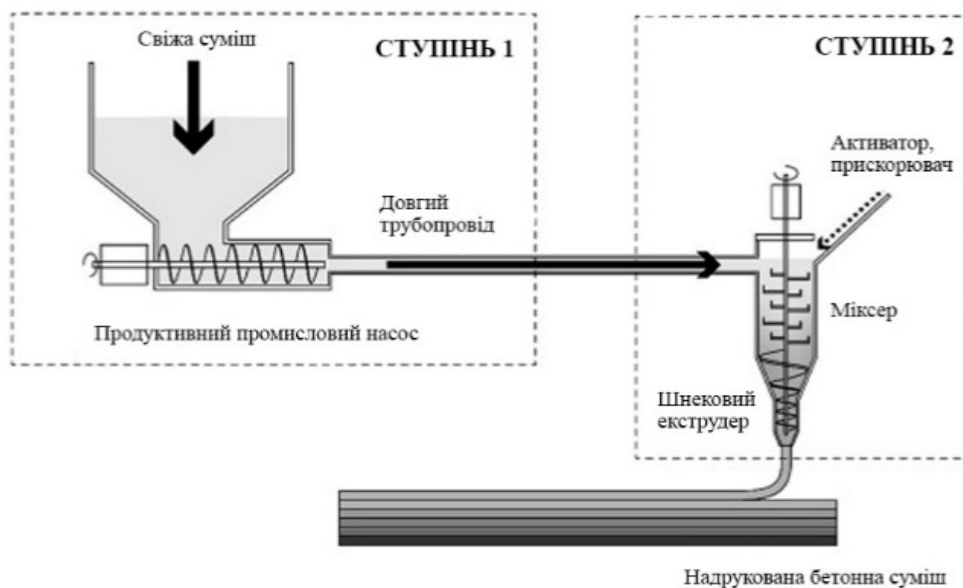


Рисунок 1 – Схема подачі бетонної суміші в зону друку

Данна схема забезпечує зменшення розмірів бункера екструдера, а отже і металоємність рухомої частини та дозволяє зробити подачу активатора прискорювача твердіння в невеликий об'єм суміші.

Розроблена модель бункера принтера (рисунок 2) яка була роздрукована за допомогою 3D друку та розміщена на руці робота-маніпулятора (рисунок 3).

Центральний вал бункера складається з двох валів. Перший вал внутрішній виконаний у вигляді шнеку та відповідає за подачу суміші в зону друку інший зовнішній з розміщеними лопатями для перемішування та активування суміші розташований зовні першого. Приводи валів незалежні один від одного. Що дозволяє при зупинці друку перемішувати суміш щоб вона незатверділа.

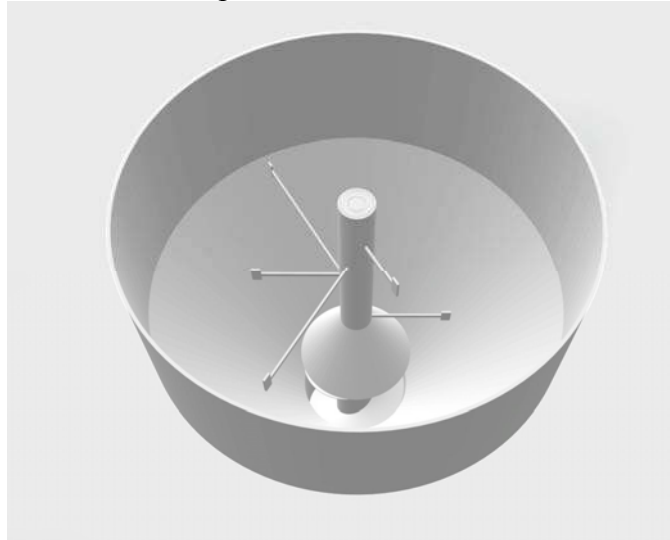


Рисунок 2 – 3D модель бункера принтера

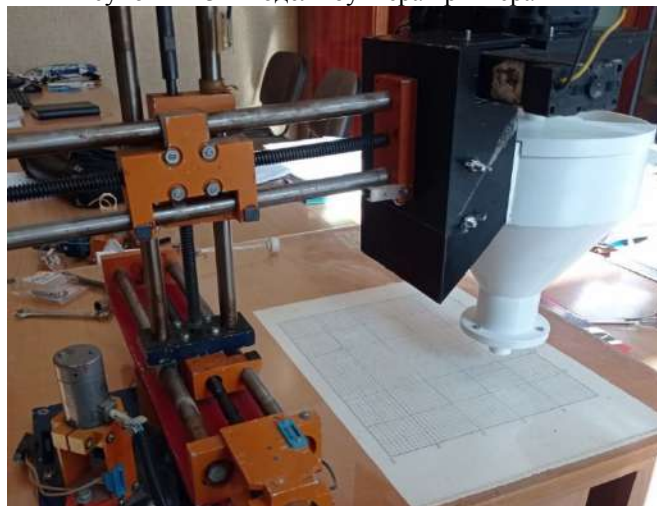


Рисунок 3 – Лабораторний будівельний 3D принтер

Екструдуювання бетонної суміші та укладання пошарово забезпечується через сопло принтера заданим шляхом, запрограмованим користувачем. Цей шлях запрограмований відповідним чином, тому принтер укладає бетон пошарово, утворюючи реальний тривимірний об'єкт за образом цифрової моделі.

Александр Самойленко, ст.гр. БІ-24, Геннадій Портнов, доцент, к.т.н.

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

e-mail: budkom999@gmail.com

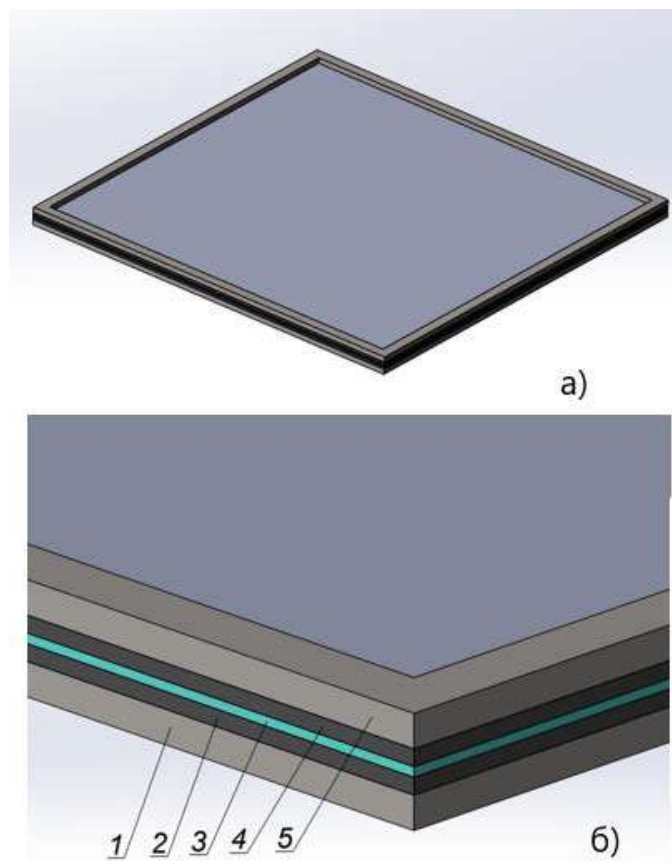
## 3D модель стенду для дослідження листового скла

Сучасні архітектурні рішення все частіше включають несучі конструкції, виконані зі скла. Скло, як крихкий матеріал має властивості, які досі математично ґрунтовно не описані для великих деформацій. Особливо ця проблема актуальна для задач розрахунку конструкцій, які включають скляні, металеві та гумові деталі.

В значній мірі ці задачі можуть бути вирішені дослідженням моделей несучої конструкції в середовищі SolidWorks.

Представлена 3D модель розроблена на основі даних натурних експериментів, проведених на стенді для дослідження листового скла, представлених в монографії [1].

Модель (рис. 1) з бази, прижиму (прямокутні рами), двох гумових прокладок, в плані подібних до бази і прямокутного скляного листа.



а) – загальний вигляд; б) – деталізація  
1 – база; 2, 4 – гумова прокладка; 3 – лист скла; 5 – прижим.

Рисунок 1 – Модель стенда

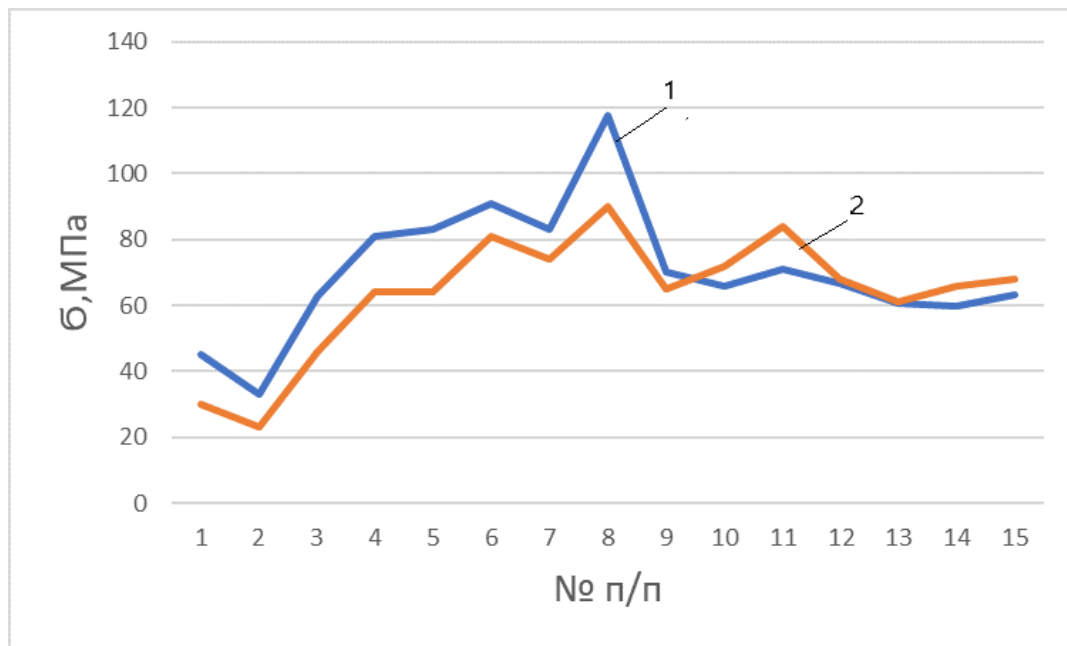
Методика дослідження моделі в додатку SolidWorks Simulation передбачає:

1. Тип аналізу – нелінійний.
2. Тип сітки – комбінована, на основі змішаної кривизни.
3. Тип програми, що вирішує - Large Problem Direct Sparse.

4. Метод повторювань - Ньютон-Рафсон;
5. Метод інтеграції – Newmark.
6. Кріплення: зафіксована геометрія бази знизу і прижиму зверху.
7. Взаємодія компонентів: зв'язані, незалежна сітка.

В діапазоні конструктивно виправданих змін геометричних параметрів програма безконфліктно виконує розрахунок напружено деформованого стану (НДС) листа скла з визначенням коефіцієнтів запасу міцності за критеріями Мора-Кулона і максимальних напружень.

Пряме підставлення показників НДС моделей віртуального стенду і натурних випробувань видається проблематичним: і ті, й інші є результатом математичних операцій, заснованих на різних гіпотезах і не є наслідком прямих вимірів. Крім того, відрізняються умови защемлення листів скла в різних варіантах випробувань. Однак деякі висновки можна зробити на основі дослідження трендів (рис. 2).



1 – дані натурного експерименту; 2 – дані дослідження моделі

Рисунок 2 – Діаграма даних досліджень.

Дослідження моделі вказують на досить добрий збіг отриманих результатів з даними натурних експериментів [1].

#### Список літератури

1. Зубков В.А. Прочность листового стекла при изгибе: монография. ООО"СамЛюксПринт" - Самара, 2013. - 152 с.
2. Родічев Ю., Сорока О., Шабетя О. Особливості визначення конструкційної міцності крихких матеріалів. Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування : матеріали IV міжнар. наук.-техн. конф., м. Тернопіль, 21-24 вер. 2015 р. Тернопіль, 2015. С. 240–243

**Олександр Остапенко**, студент групи БІ-21МЗ, **Дмитро Демідкін**, студент групи БІ-21М,  
**Владислав Носик**, студент групи БІ-21М,  
Науковий керівник – **Віктор Пашинський**, проф., д-р техн. наук  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*  
e-mail: pva.kntu@gmail.com

## Неруйнівний контроль міцності ніздрюватого бетону методом відриву анкера

Сучасні тенденції розвитку житлового і цивільного будівництва в Україні характеризуються широким використанням ніздрюватого бетону, який є досить ефективним конструкційно-теплоізоляційним матеріалом. Окрім стін з дрібних стінових блоків, розширюється також використання монолітних конструкцій з пінобетону. Недостатня стабільність характеристик пінобетону, виготовленого в умовах будівельного майданчика, викликає необхідність проведення контролю міцності безпосередньо в зведених монолітних конструкціях, а не на контрольних зразках за методикою [1]. Метод контролю повинен бути неруйнівним, надійним і точним та досить простим для застосування на будівельному майданчику. Відомі неруйнівні методи контролю міцності [2] розроблені для важких бетонів і не можуть бути безпосередньо використані для пінобетону чи газобетону.

Дана робота присвячена обґрунтуванню методу неруйнівного контролю міцності монолітних ніздрюватих бетонів шляхом відриву попередньо встановленого анкера. Суть цього методу полягає у тому, що в процесі бетонування в конструкцію встановлюють анкер з круглою плиткою. Після завершення твердіння бетону та зняття опалубки анкер виривають спеціальним важільним пристроєм з динамометром. Міцність ніздрюватого бетону визначають через зусилля відриву анкера.

Рациональна глибина установки анкера виявлена шляхом розрахункового порівняння несучої здатності анкера за критеріями зминання бетону під плиткою анкера та відриву зрізаного конуса з поверхні бетону. При глибині установки анкера, меншій за діаметр його плитки, руйнування повинно відбуватися шляхом відриву бетону. При більшій глибині установки анкера руйнування може відбутися унаслідок зминання бетону під плиткою анкера. Тому подальші дослідження проведені для анкерів з діаметром плитки 20 мм, встановлених на глибині 15 мм, що фактично робить випробування неруйнівним.

Для отримання тарувальної залежності між зусиллям відриву анкера та границею міцності при стиску виготовлені зразки пінобетону з середньою густиною 600, 750, 900, 1100 і 1200 кг/м<sup>3</sup> у формі кубів з ребром 100 мм. Технологія приготування пінобетону на піноутворювачі ПО-1 описана в [3]. Перед бетонуванням у бічну поверхню куба на глибину 15 мм встановлені анкери з круглою плиткою діаметром 20 мм, як це показано на рисунку 1. Для випробувань виготовлено по два зразки-близнюки кожної густини.

Випробування на відрив анкера проводилися в спеціальному пристрої, який дозволяє закріпити зразок та стержень анкера. Навантаження для відриву анкера створювалося вручну за допомогою гвинтової тяги. Між тягою та опорою для зразка встановлений динамометр, який дозволяє виміряти зусилля відриву анкера. В усіх випадках руйнування відбулося внаслідок відриву конуса бетону, як показано на рисунку 2.

Після випробувань на відрив анкера, усі зразки були випробувані на міцність при стиску згідно з вимогами стандарту [1]. Для забезпечення правильної геометричної форми зразків поверхні, у які були вставлені анкери, зрізалися на 20 мм. Таким чином отримані зразки з розмірами 100×100×80 мм. При випробуваннях зразок ставився на плити преса

меншою гранню, що дало робочий переріз зразка  $100 \times 80$  мм, тобто  $80 \text{ см}^2$ . За руйнівними зусиллями визначена границя міцності при стиску кожного зразка.



Рисунок 1 – Виготовлений зразок з анкером



Рисунок 2 – Зразок після випробувань

Результати випробувань дозволили виявити та описати залежність границі міцності при стиску ніздрюватого бетону від зусилля відриву анкера, яка графічно відображена на рисунку 3. Лінія тренду, зображена на графіку пунктиром, проходить по середині поля дослідних точок та задовільно описується рівнянням квадратної парабoli:

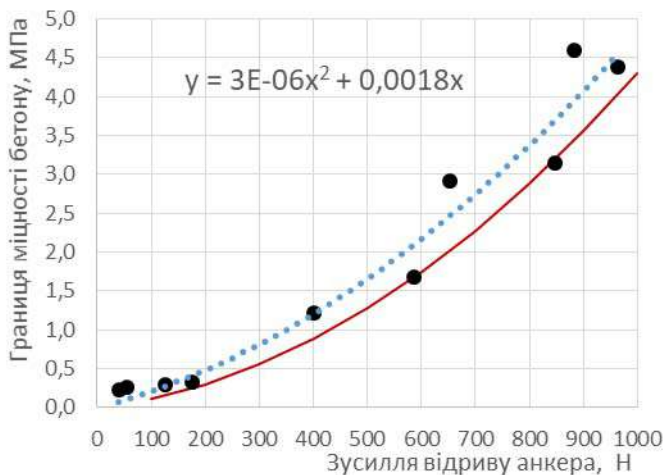


Рисунок 3 – Залежність границі міцності при стиску від зусилля відриву анкера

$$R = 0,000003 \rho^2 - 0,0018 \rho. \quad (1)$$

Результат обчислення за формулою (1), перемножений на 10 для перетворення МПа у  $\text{кгс/см}^2$ , можна вважати маркою ніздрюватого бетону за міцністю на стиск.

Залежність, зображена на рисунку 3 суцільною лінією, проходить по нижній межі поля дослідних точок. Вона отримана за [4] та може вважатися класом міцності ніздрюватого бетону при стиску:

$$B = 0,0000035 \rho^2 - 0,0008 \rho. \quad (2)$$

У формулах (1) і (2) позначено:

$R$  – границя міцності при стиску в МПа;  
 $\rho$  – середня густина пінобетону в  $\text{кг/м}^3$ .

Таким чином, у результаті виконаних досліджень обґрунтована можливість та визначення характеристик міцності ніздрюватих бетонів через зусилля відриву попередньо замоноліченого анкера. Тарувальні залежності (1) і (2) дозволяють через силу відриву анкера оцінити марку (середнє значення границі міцності при стиску) та клас міцності ніздрюватого бетону (мінімальне значення границі міцності при стиску). Для реального використання методу відриву анкера при контролі міцності монолітних конструкцій необхідно уточнити отримані тарувальні залежності на більшому обсязі експериментальних даних.

## Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.
2. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
3. Бурлаков Г.С. Технология изделий из легкого бетона. М., Высшая школа, 1994. – 296 с.
4. Статистичні методи в інженерних дослідженнях. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей. / В.А. Пашинський. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 106 с.

Ірина Бугайова<sup>1</sup>, студентка групи БІ-21МЗ, Діана Щербина<sup>1</sup>, студентка групи БІ-20-скЗ  
 Maria Godlevska<sup>2</sup>, master level Economy

Науковий керівник – Віктор Пашинський<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

<sup>2</sup>Akita University, master level Economy, Akita, Japan

e-mail: pva.kntu@gmail.com

## Оцінювання впливу метеорологічних умов на можливість виконання будівельних робіт

Метеорологічні умови можуть виявляти істотний вплив на самопочуття людей, роботу машин і механізмів, а також на властивості будівельних матеріалів та можливість або якість виконання різних будівельних робіт. Тому нормативними документами різного рівня [1...4] регламентовані обмеження, що встановлюють граничні значення метеорологічних параметрів, поза межами яких не дозволяється виконання певних будівельних робіт. Для достовірного планування будівельних робіт з урахуванням тривалості імовірних простоїв унаслідок несприятливих метеорологічних умов необхідно за результатами метеорологічних спостережень визначити тривалість дії встановлених обмежень в різних регіонах України.

Аналіз нормативів [1...4] дозволив виявити та систематизувати обмеження на виконання будівельних робіт. Виконання різних робіт обмежується різними граничними значеннями кліматичних параметрів встановленими в нормах [1...4], які чисельно можуть співпадати. Загалом виконання різних робіт забороняється при таких значеннях параметрів:

- швидкості вітру, більші за 7,5 м/с, 10 м/с, 12 м/с, 15 м/с;
- температури повітря, нижчі від  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $+5^{\circ}\text{C}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $+15^{\circ}\text{C}$ ;
- температури повітря, вищі від  $+15^{\circ}\text{C}$ ,  $+25^{\circ}\text{C}$ ,  $+28^{\circ}\text{C}$ ,  $+30^{\circ}\text{C}$ ,  $+35^{\circ}\text{C}$ ;
- відносна вологість повітря, менша за 50%.

В роботах [5...7] показано, що зміни в часі швидкості вітру, температури й вологості атмосферного повітря можуть бути представлені у формі послідовностей з 12-ти випадкових величин, кожна з яких відповідає певному місяцю року. Температуру повітря можна описати нормальним законом розподілу [5], відносну вологість повітря – зрізаним нормальним розподілом [6], а швидкість вітру – розподілом Вейбулла [7]. Такі імовірнісні моделі дозволяють визначати тривалість виходу кліматичних параметрів за межі граничних значень.

Тривалість перебування температури повітря вище значення  $\tau_{\max}$  та нижче значення  $\tau_{\min}$  в і-тому місяці року дорівнює

$$T_i(\tau_{\max}) = D_i \cdot [1 - F(M_i, S_i, \tau_{\max})], \quad T_i(\tau_{\min}) = D_i \cdot F(M_i, S_i, \tau_{\min}), \quad (1)$$

де  $D_i$  – кількість днів у і-тому місяці року;

$F(\dots)$  – інтегральна функція нормального розподілу;

$M_i$  та  $S_i$  – середнє значення й стандарт розподілу температури повітря в і-тому місяці року;

$\tau_{\max}$  і  $\tau_{\min}$  – обмеження температури зверху та знизу.

Тривалості дії обмежень за температурою повітря визначені з урахуванням даних [5], до наведених середньомісячних значень температури повітря для 417 рівнинних метеостанцій України. Ці дані осереднені в межах кожного з 26 регіонів України, після чого за формулою з [5] визначені стандарти температури для кожного з місяців року. За отриманими таким чином обласними статистичними характеристиками та формулами (1) обчислені тривалості виходу температури повітря за вказані вище межі у кожному з місяців року. Результати для кожного регіону представлені у вигляді таблиці з 11 рядками, які відповідають вказаним вище граничним значенням температури повітря.

Характерні приклади річних змін тривалості перебування температури повітря в усіх областях України поза граничними межами наведені на рисунках 1 і 2. Графіки вказують як на чітко виражені сезонні зміни, так і на велику мінливість по території. Це не дозволяє виконати подальше узагальнення результатів і спонукає представити їх окремо для кожної області та для кожного критичного значення температури повітря.

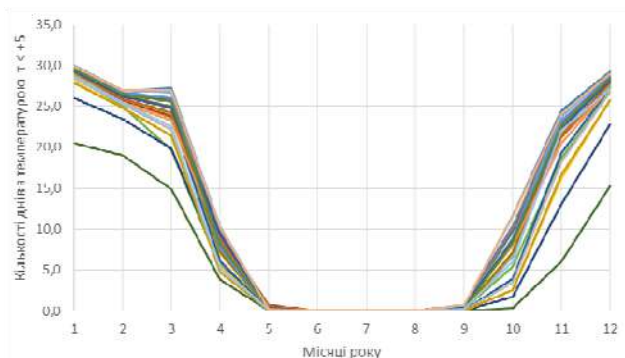


Рисунок 1 – Тривалості реалізації температур повітря, нижчих за  $-5^{\circ}\text{C}$

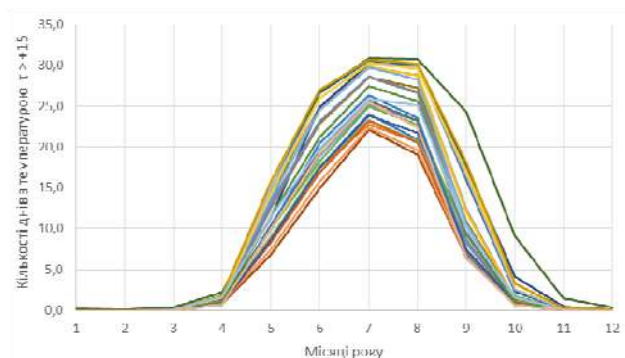


Рисунок 2 – Тривалості реалізації температур повітря, вищих за  $+15^{\circ}\text{C}$

Єдине виявлене в літературі обмеження за вологістю повітря полягає у тому, що при відносній вологості меншій 50% необхідні додаткові заходи з догляду за укладеним монолітним бетоном. Тривалість дії цього обмеження встановлена безпосереднім підрахунком за щомісячними значеннями повторюваності вологості повітря у різних межах, які по суті представляють собою гістограми розподілу відносної вологості. Такі дані для 64 метеостанцій України оброблені та використані в [6]. Тривалість перебування вологості в діапазоні 0...50% в і-тому місяці дорівнює

$$T_i(W < 50\%) = \frac{D_i}{100} \cdot \sum_{j=1}^5 P_{i,j}, \quad (2)$$

де  $D_i$  – кількість днів в і-тому місяці року;

$P_{i,j}$  – частота (відносна тривалість у відсотках) перебування вологості в межах j-того інтервалу гістограми розподілу для і-того місяця року.

Сума у формулі (2) обчислюється для інтервалів гістограми, які відповідають значенням відносної вологості повітря  $W < 50\%$ . Результати обчислень за формулою (2) для усіх місяців року осереднені в межах кожного з 26 регіонів України та наведені на рисунку 3.

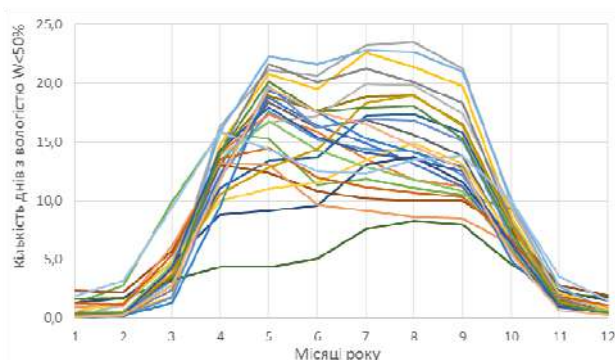


Рисунок 3 – Тривалості реалізації відносної вологості повітря, меншої за 50%



Рисунок 4 – Тривалості реалізації швидкостей вітру, більших за 10 м/с

Високою вологістю повітря вирізняються Крим, Південний берег Криму, Львівська та Івано-Франківська області за рахунок близькості до моря, яке дає велике випаровуванням поверхні, або до гір, які затримують хмари та провокують частіше випадання дощів.

Обґрунтована в [7] імовірнісна модель швидкості вітру у вигляді послідовності з 12-ти випадкових величин дозволяє визначити тривалості перевищень граничних значень швидкості вітру на основі опису цих величин законом розподілу Вейбулла, який має інтегральну функцію розподілу

$$F(V) = 1 - \exp(-\beta \cdot V^\alpha), \quad (3)$$

де  $V$  – аргумент розподілу, рівний певній швидкості вітру;

$\alpha, \beta$  – параметри розподілу, які визначаються за методикою [7, 8] через математичне сподівання  $M$  і стандарт  $S$ , обчислені при статистичній обробці даних.

Наявність інтегральної функції розподілу (3) з параметрами  $\alpha$  і  $\beta$  для кожного з 12-ти місяців року дозволяє визначити тривалість перевищення граничної швидкості вітру  $V$  протягом цього місяця за формулою:

$$T_i(V) = D_i \cdot \exp(-\beta \cdot V^\alpha), \quad (4)$$

де  $D_i$  – тривалість  $i$ -того місяця в днях;

$\alpha$  і  $\beta$  – параметри розподілу Вейбулла, обчислені за методикою, викладеною в [7, 8];

$V$  – гранична швидкість вітру, встановлена нормами [1...4].

За формулою (4) для вказаних вище чотирьох граничних швидкостей вітру виконані розрахунки для 186 метеостанцій, дані яких були також використані в роботі [9]. Результати обчислень згруповані за 26 регіонами України. З метою забезпечення резервів робочого часу при плануванні будівельних робіт для кожного з місяців року вибрані найбільші в межах регіону імовірні тривалості перевищення граничних швидкостей вітру.

Тривалості перевищень усіх розглянутих швидкостей вітру мають виражену сезонну мінливість і великий розкид по території. Це підтверджує рисунок 4, де в якості прикладу наведені річні зміни тривалості перевищення швидкості вітру 10 м/с. Найменшими є тривалості перевищень у Закарпатській області. У більшу сторону виділяються території Криму, Південного берега Криму, Херсонської, Запорізької, Миколаївської та Донецької області завдяки метеостанціям, розміщеним на березі моря.

За результатами досліджень розроблені рекомендації з урахування імовірної тривалості простоїв при виконанні будівельних робіт унаслідок несприятливих метеорологічних умов. Для зручності практичного використання сформовано 26 таблиць, кожна з яких для певного регіону України містить імовірні тривалості виходу за встановлені нормами [1...4] обмеження швидкості вітру, температури й вологості повітря. Оскільки планування будівельних робіт зазвичай виконується з точністю до однієї робочої зміни, тривалості дії обмежень, менші за 0,2 доби видалені з таблиць. Приклад подання результатів для Кіровоградської області наведено в таблиці 1. З таблиці видно, що на території області реалізуються не всі встановлені нормами [1...4] кліматичні обмеження на виконання будівельних робіт. Зокрема, температури повітря, менші за  $-20^\circ\text{C}$  та більші за  $+28^\circ\text{C}$  реалізуються лише у двох місяцях року і діють не більше, ніж 0,3 доби на місяць. Температури повітря, вищі за  $+30^\circ\text{C}$ , і швидкості вітру, більші за 15 м/с, в таблиці 1 не вказані, бо вони діють менше за 0,2 доби на місяць.

Розроблені рекомендації дозволяють виявити імовірну тривалість простоїв унаслідок несприятливих метеорологічних умов та врахувати її при плануванні будівельних робіт. Наприклад, необхідно встановити імовірну тривалість простоїв протягом березня у процесі монтажу стінових панелей в Кіровоградській області. Згідно з пунктом 14.3.11 ДБН [1], монтаж конструкцій з великою парусністю заборонено вести при швидкостях вітру понад 10 м/с. За таблицею 1 встановлюємо, що імовірна тривалість перевищення швидкості вітру 10 м/с у березні становить 1,3 доби = 31 годину. Отже, загальну тривалість робочого часу, необхідного для виконання робіт з монтажу, слід збільшити на 4 робочі зміни і врахувати це при розробленні календарного графіка будівництва.

Таблиця 1 – Тривалість дії обмежень на виконання будівельних робіт на території Кіровоградської області

| Умови обмежень               | Тривалість у днях для місяців року |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                              | 1                                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| $\tau < -20^{\circ}\text{C}$ | 0,3                                | 0,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\tau < -5^{\circ}\text{C}$  | 16,0                               | 13,5 | 5,1  |      |      |      |      |      |      |      | 3,2  | 11,6 |
| $\tau < 0^{\circ}\text{C}$   | 24,7                               | 21,7 | 14,7 | 1,0  |      |      |      |      |      | 1,0  | 11,5 | 21,6 |
| $\tau < +5^{\circ}\text{C}$  | 29,4                               | 26,4 | 24,9 | 7,2  |      |      |      |      |      | 7,1  | 22,3 | 28,3 |
| $\tau < +10^{\circ}\text{C}$ | 30,8                               | 27,7 | 29,8 | 19,9 | 2,6  | 0,2  |      |      | 3,2  | 20,2 | 28,4 | 30,6 |
| $\tau < +15^{\circ}\text{C}$ | 31,0                               | 28,0 | 30,9 | 28,2 | 15,1 | 4,7  | 1,3  | 2,2  | 16,0 | 29,0 | 29,8 | 31,0 |
| $\tau > +15^{\circ}\text{C}$ |                                    |      |      | 1,8  | 15,9 | 25,3 | 29,7 | 28,8 | 14,0 | 2,0  | 0,2  |      |
| $\tau > +25^{\circ}\text{C}$ |                                    |      |      |      |      | 0,8  | 2,6  | 1,8  |      |      |      |      |
| $\tau > +28^{\circ}\text{C}$ |                                    |      |      |      |      |      | 0,3  | 0,2  |      |      |      |      |
| $\tau > +30^{\circ}\text{C}$ |                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\tau > +35^{\circ}\text{C}$ |                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $W < 50\%$                   | 0,4                                | 0,6  | 3,6  | 14,0 | 18,9 | 17,7 | 18,9 | 18,9 | 16,6 | 8,2  | 1,5  | 0,5  |
| $V > 7,5 \text{ м/с}$        | 4,1                                | 4,4  | 4,4  | 3,3  | 2,3  | 1,6  | 1,6  | 1,8  | 2,4  | 3,4  | 4,2  | 4,1  |
| $V > 10 \text{ м/с}$         | 1,2                                | 1,1  | 1,3  | 0,7  | 0,7  | 0,4  | 0,3  | 0,5  | 0,7  | 1,1  | 1,4  | 1,3  |
| $V > 12 \text{ м/с}$         | 0,4                                | 0,4  | 0,5  | 0,3  | 0,3  |      |      |      | 0,2  | 0,4  | 0,5  | 0,4  |
| $V > 15 \text{ м/с}$         |                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Таким чином, використання розроблених рекомендацій дозволяє більш точно здійснювати планування будівельних робіт з урахуванням імовірних простоїв унаслідок несприятливих метеорологічних умов.

#### Список літератури

- ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 202 с.
- ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I Проектування. Частина II Будівництво - К.: Мінрегіонбуд України, 2015. ? 104 с. □ 12. Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. Загальні вимоги безпеки. / ДНАОП - 24 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://dnaop.com/html/33058/doc-instrukcija-z-ohoroni-pracipid-chas-vikonannya-robitz-montazhu-metalevih-i-zalізobetonnihkonstrukcijzagalni-vimogi-bezpeki>
- Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті / Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2007 – 39 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0573-07#Text>
- Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання / Міністерство соціальної політики України, 2018 – 155 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text>
- Пашинський В.А., Пушкар Н.В., Карюк А.М. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель. – Одеса : ОДАБА, 2012. – 180 с.
- Пашинський В.А. Імовірнісна модель вологості повітря для проектування забудови поселень. // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машино-будування, будівництво.- Вип. 18.- Полтава: ПолтНТУ.- 2006.- с. 158-166.
- Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України.- К.: УкрНДПроектстальконструкція, 1999.- 185 с.
- Статистичні методи в інженерних дослідженнях. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей. / В.А. Пашинський. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 106 с.
- Пашинський В.А. Прогнозування простоїв вантажопідіймальних кранів, спричинених сильними вітрами / В.А. Пашинський, А.А. Волювач, Д.М. Квятковська // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета : Сборник научных трудов.- Харьков: ХНАДУ, 2012. – Выпуск 57 – С. 300-303.

Дмитро Губа<sup>1</sup>, магістрант гр. БІ-21М, Богдан Прозоров<sup>1</sup> магістрант гр. БІ-21МЗ

Зоя Аносова<sup>2</sup>, викладач

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

<sup>2</sup>Кропивницький будівельний фаховий коледж, Кропивницький, Україна

e-mail:kirbudcolledge@gmail.com

## Підсилення фундаментів та покращення властивостей ґрунтової основи ін'єкційними засобами

В роботі проведено аналіз способів підсилення фундаментів, пов'язані з бурюін'єкційними палями та контрольованим розширенням.

**Ключові слова:** бурюін'єкційні палі, фундамент, ґрунтова основа, деформації, контрольоване розширення, стрічковий фундамент.

На сьогодні в Україні велика кількість будівель та споруд потребують реставрації, реконструкції, та модернізації відповідно до сучасних вимог, які регламентують освоєння підземного простору таких будівель з метою розміщення у них об'єктів соціальної та інженерної інфраструктури.

Перелічені будівельні об'єкти як правило, розташовані в стиснених умовах центральної частини міської забудови, у складних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах, в основі яких залягають пилувато-глинисті ґрунти [1,3]. Тому розробка ефективного та надійного способу посилення стрічкових фундаментів реконструйованих будівель з ущільненням ґрунтової основи для подальшого безпечного освоєння їх підземного простору в обмежених умовах та гранично обмежених додаткових деформацій, є актуальною темою дослідження.

В сучасному будівництві все частіше для реконструкції та модернізації існуючих будівель використовують ефективний спосіб посилення стрічкових фундаментів у пилувато-глинистих ґрунтах, що дозволяє об'єднати технологію бурюін'єкційних паль з контрольованим розширенням [2,4]. Це надає можливість збільшити діаметр стовбура палі, манжетною технологією ін'єкції в режимі «гідророзривів», а також відновити конструкцію фундаменту в одну технологічну операцію. Також переваги дано способу полягають в наступному:

- визначенні складу розчину, що дозволяє отримувати розширення на кінці палі та гідророзриви в масиві ґрунту навколо палі прогнозованих геометричних параметрів із визначеними характеристиками;

- виготовленні бурюін'єкційних паль за манжетною технологією одноразовою та повторною ін'єкцією розчину в режимі «гідророзривів» та контрольованим розширенням на кінці об'ємом від 10-ти до 40 л у ґрунтах пилувато-глинистою структурою, з визначенням їх геометричних параметрів та виявленням закономірностей утворення ущільненої зони зі зміною напружено-деформованого стану (з частковим збереженням залишкових напружень) та фізико-механічних характеристик ґрунтового масиву навколо палі.

Визначення розмірів активної зони контрольованих розширень визначалися у лабораторії ПВІ "Агропроект". З використанням автоматизованої системи Scad, за показаннями прогиномірів були побудовані ізолінії вертикальних переміщень ґрунтового масиву активної зони (осідання) контрольованих розширень під дією вертикального статичного навантаження.

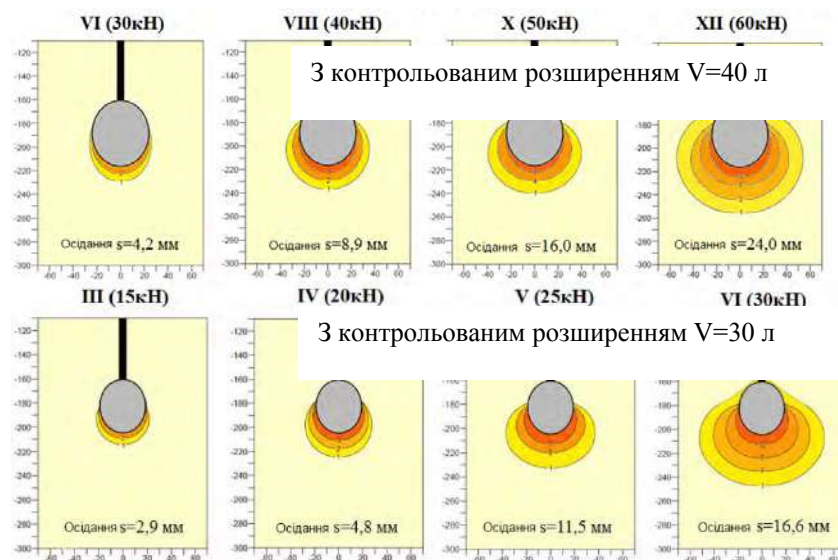


Рисунок 1. Ізолії переміщень ґрунтового масиву

З аналізу отриманих картин ізолій вертикальних переміщень ґрунтового масиву активної зони слідує:

- до навантаження 20 кН (I-IV) для розширення об'ємом 30 л, та відповідно 40 кН (I-VIII) для розширення об'ємом 40 л – в активну роботу включається ґрунтовий масив ущільненої зони, утворений при формуванні розширень, та деформації локалізуються в межах цієї зони;

- при навантаженнях 20-30 кН (IV-VI) для розширення об'ємом 30 л і відповідно 40-60 кН (VIII-XII) для розширення об'ємом 40 л – вертикальні переміщення починають розвиватися за межами ущільненої зони на відстані 1,1-1,5d від нижнього кінця ін'єктора (де d – діаметр розширення);

- ізолії переміщень ґрунтового масиву розширення об'ємом 40 л при навантаженні в два рази, що перевищує розширення 30 л, відрізняються в середньому в 1,3 рази, що говорить про зворотну пропорційність деформацій осідання та обсягу розчину, що витрачається на формування розширень.

## Висновки

При формуванні стовбура буроін'єкційної палі по манжетній технології з повторною ін'єкцією розчину в режимі гідророзривів за рахунок постійно діючого тиску на стінки свердловини із середнім значенням 0,15 МПа відбувається збільшення діаметра стовбура палі в середньому у 2,15 рази. Збільшення діаметра палі та утворення гідророзривів у ґрунтовому масиві навколо палі призводить до формування ущільненої зони із середнім радіусом 0,2-0,3 м та зміни фізико-механічних характеристик: щільність збільшилася до 20%, вологість зменшилась до 28%, модуль деформації збільшився до 34%, - що надалі необхідно враховувати при розрахунковому визначенні основних параметрів стовбура палі.

## Список літератури

1. Біда С.В., Великодний Ю.Й., Титаренко В.А. До питання визначення характеристик міцності ґрунтів при оцінці стійкості схилів // Вісн. Одес. держ. акад. буд-ва та архітект. – О., 2001. – Вип. 45. – С. 224-227.
2. Бич Г.М. Длительная прочность грунтов и методы ее определения. – Одесса, 1998. – С. 56.
3. Рубан О.А. Устойчивость грунтовых сооружений при деформировании основания // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. - Вип. 61. – К.: НДІБК, 2004. – Т. 1. – С. 145-146.
4. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Ч. II: Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах : ДБН В.1.1-5-2000. – [Чинний від 2000-07-01]. – Офіц. вид. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України : Держбуд України, 2000. – 84 с. – (Нормативний документ Держбуду України).

**Олександр Іванченко**, група БІ-21МЗ, **Ольга Черненко**, група БІ-21МЗ,  
**Микола Шрам**, група БІ-21МЗ, **Сергій Хачатурян**, доцент, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
e-mail: serg5407@gmail.com

## Посилення залізобетонних конструкцій композитними матеріалами

Реконструкція діючих будівель і споруд проводиться з урахуванням техніко-економічних показників, при цьому часто доцільнішим є максимальне збереження існуючих конструкцій з їх підсиленням (відновленням) [1].

Досить часто доводиться підсилювати залізобетонні конструкції через різні дефекти й пошкодження шляхом використання конструкційних композитних матеріалів [2].

В цілому композиційні системи посилення складаються із спеціально підібраних волокон і смол, які, працюючи разом, – і створюють високотехнологічні композити. Вуглецеві волокна в комбінації з високоякісними смолами працюють як високоміцна система посилення, а різноманіття композитів дає можливість знаходити технологічні рішення будь-яких складних завдань безпосередньо для кожного окремо взятого об'єкта.

Композиційні системи посилення, захисту та ремонту застосовуються практично для всіх видів конструкцій: бетонних і залізобетонних; металевих – у т. ч. сталевих та алюмінієвих; дерев'яних; цегельної та кам'яної кладки. При цьому забезпечують цілий спектр потреб життєзабезпечення: посилення конструкцій, балістичний захист стін і захист від зломів, захист дротів і кабелів від ушкоджень. Вони можуть бути використані в особливих умовах експлуатації – при захисті від сейсмічних впливів для збільшення тріщиностійкості, опору конструкцій зрізу, поперечної сили і прогину, підсилення стін, місць стиків колон, підпірних елементів. Їх доцільно використовувати для відновлення після пошкоджень і посилення конструкцій, які втратили свою міцність і непридатних до проектних навантажень внаслідок неправильного проектування, неправильної експлуатації, надмірних навантажень, часу, посилення морських споруд з корозійною природою руйнувань конструкцій, реконструкції історичних об'єктів.

Системи посилення з композитів можуть також використовуватися для зміцнення конструкцій з метою підвищення вантажопідйомності та несучої здатності, зміцнення труб, які працюють в умовах підвищеного тиску, згинаючих навантажень або дії ґрунтових вод, зазнали пошкодження внаслідок корозії, усунення технічних помилок при будівництві, збільшення прольотів і поверховості при новому будівництві, посилення морських споруд з корозійною природою руйнувань конструкцій, модернізації та перепрофілювання будівель.

Композитні стрічки складаються з вуглецевих волокон, поміщених в синтетичні волокна – в літературі виступають під назвою «стрічок CFRP» від англійського Carbon Fibre Reinforced Plastic. Панелі з вуглецевих волокон є доповненням системи посилення з композитних стрічок і використовуються для посилення зон зрізу, опор, колон, стовпів, кам'яних конструкцій, поверхневих підсилень і всіх випадків, де застосування композитних стрічок є важким або неможливим. В основі свого застосування цей метод відповідає відомому методу посилення шляхом прикріплення сталевих смуг до елементів конструкцій. Але використання композитних матеріалів у порівнянні зі сталевими смугами має низку переваг, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Порівняння методів посилення сталевими смугами і композитними матеріалами

| Застосування                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| сталевих смуг                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | композитних матеріалів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                  |
| переваги                                                                                                                                                                          | недоліки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | переваги                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | недоліки                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- відносно низька вартість матеріалу;</li> <li>- порівняно численні застосування;</li> <li>- достатня міцність, в т. ч. втомна.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- низька корозійна стійкість;</li> <li>- відносно велика вага сталевих смуг;</li> <li>- труднощі в маневруванні довгими важкими елементами на обмеженій площі;</li> <li>- висока вартість робочої сили;</li> <li>- необхідність зведення риштування і робочих майданчиків;</li> <li>- обмежені розміри;</li> <li>- застосування лише при посиленні елементів з бетону.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- корозійна стійкість;</li> <li>- міцність на розтяг вища в 10 разів;</li> <li>- легкість, простота застосування та маневрування;</li> <li>- низька вартість робочої сили;</li> <li>- короткий час реалізації;</li> <li>- можливість уникнення зведення риштування ;</li> <li>- відсутність розмірних обмежень;</li> <li>- екстремально висока втомна міцність;</li> <li>- не потребує консервації;</li> <li>- можливість застосування для конструкції з різних матеріалів;</li> <li>- з'єднання стрічки тільки за допомогою клею.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- відносно висока вартість матеріалу;</li> <li>- обмеження сфери застосування.</li> </ul> |

З порівняння випливає, що практично єдиний недолік композитних матеріалів – це їх досить висока одинична ціна, з чого може скластися думка, що цей метод є дорогим. Але це легко спростовується, якщо порівняти обсяг витрачання матеріалів – сталі на посилення йде більше, ніж композитів приблизно в 30 разів. Якщо до цього додати й інші переваги – наприклад, значне зменшення повної вартості посилення через скорочення часу виконання робіт, відсутності необхідності зведення риштування, застосування робочої сили та механічного обладнання, що має місце у випадку посилення сталевими смугами, – то виявляється, що композитні системи посилення мають явні конкурентні переваги перед застосуванням сталі.

#### Список літератури

1. Валовой О.І. Ефективні методи реконструкції промислових будівель та інженерних споруд. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Будівництво» / О.І. Валовой // Кривий Ріг: Мінерал, 2013. – 270 с.
2. Мельник І.В., Добрянський Р.З., Мурин А.Я. Міцність і деформативність залізобетонних балок, підсилених конструкційними композитами при різних умовах попереднього завантаження / Будівельні конструкції, том 2. – Вип.62. – К: НДІБК, 2015. – С. 251-258.

Микола Пороло, ст.гр. БІ-21МЗ, Андрій Таран, ст.гр. БІ-21МЗ

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

e-mail: yvkr@i.ua

## Прискорення процесу підвищення міцності та інтенсифікації твердіння монолітного бетону

На підставі аналізу науково-технічної літератури була запропонована робоча гіпотеза отримання сумішей, що самоущільнюються, на основі бетонного брукху, що має діаметр розпливу стандартного конуса більше 550 мм і в'язкістю Т500 більше 10 сек. Для їх отримання необхідно встановити вплив ефективних суперпластифікаторів і мікронаповнювачів на бетонну суміш зі строго контрольованим мінеральним і гранулометричним складом, наближеним до «ідеальної» кривої розсіву. Необхідно встановити вплив ефективних суперпластифікаторів, що сприяють утворенню тонкозернистого гелю, який бистріше і повніше заповнює меншу початкову пористість твердої фази за наявності тонкодисперсних добавок, що призводить до підвищення міцності та зносостійкості, підвищення ступеня гідратації, створення щільної контактної зони, а також вплив мікронаповнювачів на основі відходів бетонного брукху, які неможливо застосовувати без попередньої механохімічної активації та використання високопродуктивного обладнання. Для отримання безусадкових самоущільнюваних бетонів необхідно встановити вплив добавок на їх міцнісні, деформативні та експлуатаційні характеристики.

Використання раціонально підібраної суміші заповнювачів, що складається з щебеню з подрібненого бетону дрібної фракції спільно з природним піском, портландцементу, мікронаповнювача, отриманого методом механохімічної активації відсіву дроблення бетонного брукху, розширювальної добавки, високоефективного суперпластифікатора дозволить отримати ефективний безусадковий бетон, який володіє підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Використання цього бетону, що самоущільнюється, надає можливість розширити сировинну базу будівельних матеріалів і ефективно використовувати відходи, що утворюються при знесенні старих будівель.

Також дозволить значно знизити трудомісткість бетонування, отримати рівну поверхню підлоги з підвищеними експлуатаційними характеристиками, а також уникнути тріщиноутворення через усадкові деформації.

### Список літератури

1. Улицкий И.И. Определение величин деформаций ползучести и усадки бетонов / И.И. Улицкий. – Киев: Госстройиздат УССР, 1963. – 132 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М: Изд-во АСВ, 2008. – 500 с.
3. Tuyan M. Freeze-thaw resistance, mechanical and transport properties of self-consolidating concrete incorporating coarse recycled concrete aggregate / M. Tuyan, A. Mardani-Aghabaglou, K. Ramyar // Materials and Design. – 2014. – Vol. 53. – P. 983-991.
4. Pereira P. The effect of superplasticizers on the mechanical performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates/ P. Pereira, L. Evangelista, J. de Brito // Cement and Concrete Composites. – 2012. – Vol. 34. – No. 9. – P. 1044-1052.
5. Okamura H. Mixdesign for self-compacting concrete / H. Okamura, K. Oza-wa // Concrete Library of JSCE. – 1995. – No. 25. – P. 107-120.
6. Navdeep S. Carbonation and electrical resistance of self-compacting concrete made with recycled concrete aggregates and metakaolin / S. Navdeep, S.P. Singh // Construction and Building Materials. – 2016. – No. 121. – P. 400-409.

**Віталій Мінгальов**, група ГМ(ДМ)-21МЗ, **Сергій Хачатурян**, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
e-mail: serg5407@gmail.com

## Прокладання інженерних комунікацій безтраншейним способом

Будівництво вимагає покладання інженерних комунікацій різного призначення, вартість яких складає значну частину від загальної вартості будівельних об'єктів. Найбільш працездатні та дороговартісні роботи з улаштування переходів під вулицями міст, майданами та окремими будівлями і спорудами, залізничними коліями та автомобільними магістралями.

Підземний спосіб розробки ґрунту не тільки усуває всі недоліки, притаманні відкритому способу, але й дозволяє зменшити об'єм земляних робіт на 60÷80%; виконувати розробку ґрунту без використання екскаваторів, які створюють великий шум на міських вулицях; вести будівництво цілорічно без подорожчання робіт у зимовий час.

Безтраншейне прокладання трубопроводів може здійснюватись такими способами: проколюванням, продавлюванням, протаскуванням у раніше пройдену свердловину, горизонтальним бурінням, щитовою проходкою. З перерахуванням методів безтраншейного прокладання при будівництві трубопроводів діаметром 50÷700мм найбільш розповсюдженим є спосіб проколювання, котрим виконується більше 80% закритих прокладок комунікацій [1].

У залежності від обладнання, що використовується, розрізняють декілька різновидностей способу проколювання (рис. 1).

Як показав аналіз технічних характеристик установок та машин для створення горизонтальних комунікаційних порожнин в ґрунті, найбільш широке використання одержав статичний вид проколювання, що здійснюється при постійній швидкості вкорінення в ґрунт труби (бурової штанги) з конічним наконечником і має найкращі показники економічної ефективності [2].

Аналіз патентно-інформаційних матеріалів дозволяє виділити основні шляхи вдосконалення конструкцій ґрунтопроколюючих пристроїв. Перспективним є забезпечення зменшення опору ґрунту проколюванню за рахунок зниження сил тертя ґрунту по робочим органам ґрунтопроколюючих пристроїв. Це може бути досягнуто вдосконаленням конструкцій робочих органів і використанням різних методів їх активізації.

Спроба реалізації вказаних двох напрямків дозволить створити конструкції ґрунтопроколюючого пристрою з робочими органами ступінчастої форми та газовим змащенням робочої поверхні.

ґрунтопроколюючий пристрій з робочими органами ступінчастої форми та з газовим змащенням робочої поверхні призначений для утворення свердловини в ґрунті. Принцип дії ґрунтопроколюючого пристрою оснований на утворенні свердловини без видалення ґрунту шляхом його ущільнення та втискання в оточуючий масив. Він використовується для прокладки труб при будівництві підземних переходів під транспортними магістралями та іншими спорудами.

Глибина закладання обмежується тільки можливістю випинання поверхні ґрунту над свердловиною, що спостерігається в тих випадках, коли відстань від свердловини до поверхні ґрунту менше п'яти діаметрів свердловини. Довжина проходки свердловини знаходиться в межах 20м.



Рисунок 1 – Класифікація способів закритого прокладання інженерних комунікацій

Джерело: розроблено авторами

Аналіз вивчених матеріалів дає можливість зробити висновок про те, що вдосконалення пристроїв для безтраншейного прокладання трубопроводів йде, в основному, за такими напрямками:

- створення та вдосконалення конструкцій саморухливих пристроїв для утворення свердловин у ґрунті;
- розробка нових конструкцій робочих органів ґрунтопроколюючих пристроїв;
- використання ґрунтопроколюючих робочих органів активної дії;
- удосконалення методів і технологій виконання робіт з прокладання комунікацій способом проколювання.

Вище викладене показує, що подальший розвиток і вдосконалення конструкцій ґрунтопроколюючих пристроїв може бути досягнуто за рахунок використання нових методів активізації робочих органів, одним з яких може бути використання стисненого повітря з метою підвищення виробності пристроїв, що зумовлено достатньою простотою додаткового обладнання та розробкою нових конструкцій робочих органів.

#### Список літератури

1. Полтавцев І.С. Специальные землеройные машины и механизмы для городского строительства / И.С. Полтавцев, В.Б. Орлов, И.Ф. Ляхович. – Киев: Будівельник, 2017. – 136 с.
2. Супонев В.Н. Исследование процесса изменения состояния грунта вокруг горизонтальной скважины при ее разработке методом статического прокола / В.Н. Супонев, В.И. Олексин, С.Л. Хачатурян // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2016. – Вып. 73. – С. 202-205.

**Владислав Коваленко**, ст.гр. БІ-21М, **Юлія Щур**, ст.гр. БІ-21М,

**Віктор Дарієнко** доцент, к.т.н., **Іван Скриннік** доцент, к.т.н.

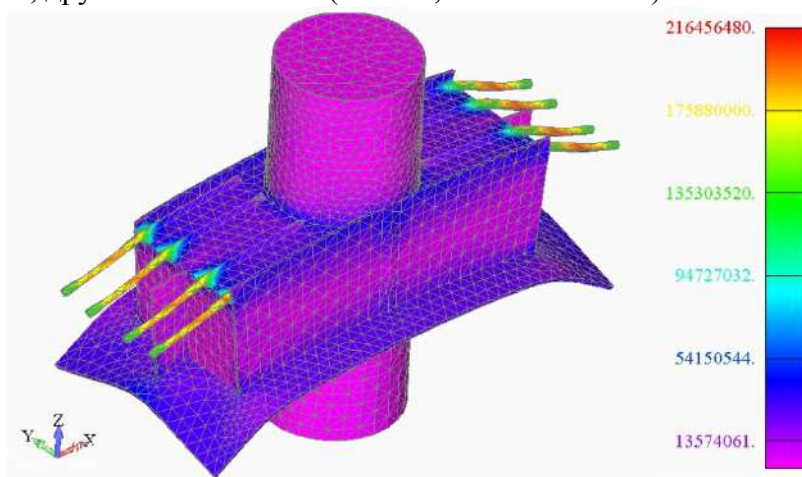
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кіровоградський, Україна*

*e-mail: vvdarienko@gmail.com*

## Чисельне моделювання і економічне порівняння варіантів збірного та монолітного перекриття

При проектуванні надбудови 3 поверху адміністративного центру було вирішено провести чисельне моделювання і техніко-економічного порівняння варіантів збірного та монолітного перекриття.

Для цього було створено 2 вузла. Один вузол з'єднання колони і перекриття для збірного, другий монолітного (колонна, балки та плита).



б)

Рисунок 1 – Розподіл головних напружень у вузлі збірного сталезалізобетонного перекриття після проведення моделювання

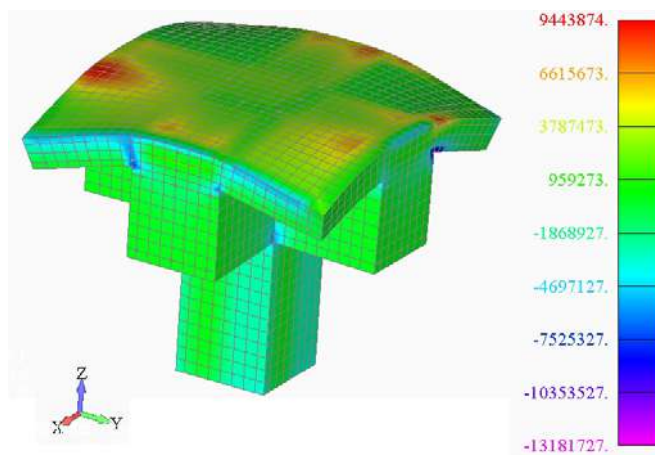


Рисунок 2 – Розподіл головних напружень у вузлі монолітного залізобетонного перекриття після проведення моделювання (напруження в Па)

Було виконано техніко-економічне порівняння варіантів перекриття, результати якого наведені в таблиці 1.

За допомогою чисельного моделювання було виявлено місця концентрації головних напружень, та отримано їх величину у вузлі примикання колони до балки та плити та отримано їх величину. Концентрація напружень в арматурі колони зосереджується безпосередньо в місці стикання колони з балкою. У разі одночасної роботи балки і плити перекриття верхня арматура на опорі у балці практично не напружена, тому можна зменшити її площу поперечного перерізу, в такому випадку найбільша концентрація напружень (на розтяг) виникає у верхній арматурі плити.

Таблиця 1 – Техніко-економічне порівняння варіантів перекриття

| № | Показники                                              | Ціна<br>одиниці<br>матеріалу | Збірне<br>перекриття | Монолітне<br>залізобетонне<br>перекриття |
|---|--------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------------------|
| 1 | Об'єм збірного залізобетону,<br>шт./грн                | 1200                         | 220                  | -                                        |
|   |                                                        |                              | 264000.00            | -                                        |
| 2 | Об'єм монолітного залізобетону,<br>м <sup>3</sup> /грн | 650                          | 30.00                | 191.26                                   |
|   |                                                        |                              | 19500.00             | 124319.00                                |
| 3 | Витрати сталі, т/грн                                   | 9500                         | 20.32                | 17.65                                    |
|   |                                                        |                              | 193026.92            | 167713.95                                |
| 4 | Опалубка м <sup>3</sup> /грн                           | 1400                         | -                    | 15.00                                    |
|   |                                                        |                              | -                    | 21000.00                                 |
| 5 | Вартість                                               |                              | 476526.92            | 313032.95                                |

З результатів техніко-економічного порівняння можемо зробити висновок, що монолітне залізобетонне перекриття є більш економічно вигідним, ніж збірне сталезалізобетонне, а саме вартість його влаштування на 34% менше. До переваг монолітного перекриття слід віднести те, що його монтаж проводиться безпосередньо на будівельному майданчику та немає привязки до розмірів (не потрібно проводити підбір різного типу та розміру залізобетонних плит), можна замонолітити будь-яку форму перекриття.

#### Список літератури

1. Гореев В.В. Математическое моделирование при расчетах и исследованиях строительных конструкций / В.В. Гореев, В.В. Филиппов, Н.Ю. Тезиков. – М.: Высшая школа, 2002. – 206 с.
2. Лещинский М.Ю. Испытание бетона : справ. пособие / М.Ю. Лещинский. – М: Стройиздат, 1980. – 360 с.
3. Мусинова В.Ц. MSC/NASTRAN. Руководство пользователя. – The MacNeal-Schwendler Corporation, 1995. – 188 с.
4. Рычков С.П. MSC visualNASTRAN для Windows. – М.: ИТ Пресс, 2004. – 552 с.
5. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М.: Мир, 1977. – 349 с.
6. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. – М.: ДМК, 2003. – 448 с.

**Юлія Щур**, ст. гр. Бі-21м, **Віктор Дарієнко**, доцент, к.т.н., **Іван Скриннік** доцент, к.т.н.,  
**Геннадій Портнов** доцент, к.т.н.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: [vvdarienko@gmail.com](mailto:vvdarienko@gmail.com)

## Аналіз причин утворення дефектів і пошкоджень будівлі газифікованої котельні та пропозиції щодо усунення чи запобігання подальшому розвитку дефектів і пошкоджень

На сьогодні все частіше виникає необхідність в капітальному ремонті об'єктів комунального господарства. В даній роботі представлено огляд причин виникнення дефектів, що утворились протягом експлуатації газифікованої котельні.

У даний час капітальний ремонт, модернізація та реконструкція будинків стали самостійною галуззю будівельного виробництва. Сам термін реконструкція означає комплексність будівельних робіт, організаційно-технічних заходів пов'язаних зі зміною основних техніко-економічних зв'язків з метою поліпшення умов експлуатації об'єкту.

Огляд зовнішніх цегляних стін та несучих пілястр будівлі виявив наступні їх пошкодження. У результаті замокання основ під несучими стінами виникає нерівномірне осідання цегляних стін та пілястр в різних осях і, як наслідок, утворюються похилі тріщини в цегляних стінах. На ділянках стін підсилених горизонтальними сталевими тяжами утворюються вертикальні тріщини



Рисунок 1 – Похилі тріщини у цегляних зовнішніх стінах

Ймовірні причини виникнення похилих тріщин у цегляних зовнішніх стінах: нерівномірне просідання основ. Заходи щодо запобігання подальшого розвитку пошкодження чи його усунення: очистити тріщини в стінах від залишків зруйнованої цегли і розчину, забити тріщини цементно-пісчаным розчином марки М200.



Рисунок 2 – Похилі тріщини у цегляних зовнішніх стінах

Ймовірні причини виникнення похилих тріщин у цегляних зовнішніх стінах: нерівномірне просідання основ.

Заходи щодо запобігання подальшого розвитку пошкодження чи його усунення: виконати сталеву обойму по кутам колони та консолей із рівнополічкових кутиків L100×8 мм



Рисунок 3 – Здуття та розтріскування гідроізоляційного килиму, наявність будівельного сміття та біозабруднення

Ймовірні причини здуття та розтріскування гідроізоляційного килиму: зволоження конструкцій атмосферною вологою

Заходи щодо запобігання подальшого розвитку пошкодження чи його усунення: відновити ухил покрівлі, відновити гідроізоляційний килим, влаштувати організоване водовідведення з покрівлі будівлі котельні, прибрати будівельне сміття та біозабруднення.

#### Список літератури

1. ДБН В 1.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд (затверджено наказом Держбуду України від 02.12.2002 №85) –К.: НДІБВ Держбуду України, 2003. -164с.
2. ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації-К.:1995.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи.-К.: 2006.

**АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА  
ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ПРОМИСЛОВOSTІ  
І СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

Матеріали

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ

*(10 – 11 листопада 2022 р.)*

*Відповідальний за випуск Д.В. Трушаков*

*Комп'ютерний набір і верстка - Д.В. Трушаков, О.І. Сіріков, В.В. Дарієнко,  
С.В. Лисенко*

Підписано до друку 24.11.2022р. Формат 60х84/16. Папір офсетний.

Друк цифровий. Умов. друк. арк. 15,25. Тираж 55 прим. Зам. №0641

---

Приватне підприємство «Ексклюзив-Систем»

Свідоцтво № ДК 4470 від 17.01.2013р.

25006, м. Кропивницький, вул. Шевченка, 25  
тел.050-92-20-913