

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ
ім. Г.Є. ПУХОВА

АБРАМОВИЧ Роман Петрович



УДК 004.94 : 004.4'2

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНСТРУЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ
СИСТЕМ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО
ПЕРСОНАЛУ НИЖЧИХ РІВНІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
САМОЙЛОВ Віктор Дмитрович,
Інститут проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України, головний науковий
співробітник

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
СТАСЮК Олександр Іонович,
Державний університет інфраструктури та
технологій, професор кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

доктор технічних наук, професор
САВЧЕНКО Юлій Григорович,
Національний технічний університет «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
професор кафедри звукотехніки та реєстрації
інформації

Захист відбудеться «25» березня 2020 р. о 14-00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.185.01 Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України за адресою: 03164, Київ, вул. Генерала Наумова, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України за адресою: 03164, Київ, вул. Генерала Наумова, 15.

Автореферат розісланий «21» лютого 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої
вченої ради Д 26.185.01



В.В. Душеба

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Надійна та безперебійна робота будь-якої системи, в тому числі енергосистеми, залежить від підготовки та підтримання на належному рівні кваліфікації персоналу. Підвищення рівня підготовки персоналу дозволить:

- підвищити безпеку та надійність роботи енергетичної системи як в цілому, так і окремих складових;
- збільшити період експлуатації обладнання за рахунок правильної експлуатації, що дозволить зменшити витрати;
- підвищити енергоефективність системи, за рахунок правильного режиму роботи обладнання.

Комп'ютерні тренажери та системи навчання використовуються і показують свою високу ефективність. Хотілося б відмітити, що на даний час недостатня увага приділяється підготовці оперативно-диспетчерського персоналу нижчих рівнів, який здійснює безпосереднє виконання оперативних перемикачів на обладнанні. Від правильності дій польового персоналу залежить нормальне функціонування обладнання та енергосистеми. Також серед такого персоналу існує більший ризик виникнення нещасних випадків через невиконання вимог безпечної експлуатації обладнання та порушень норм та правил з охорони праці.

Існуючі промислові технології побудови тренажерів в більшій мірі орієнтовані на побудову повномасштабних тренажерних систем, в яких основна увага приділяється проектуванню моделей (математичних або імітаційних) всього об'єкту. В доповнення до повномасштабних тренажерів існує необхідність в локальних тренажерах.

Розробка тренажерних засобів підготовки в спеціалізованих організаціях з залученням кваліфікованих програмістів підвищує фінансові витрати і не вирішує проблем їх масової розробки. Економічно обґрунтованою є доцільність масової розробки засобів безпосередньо галузевими спеціалістами.

Проблемами підготовки персоналу в енергетиці та створення засобів навчання та тренажу в різний час займалися і внесли великий вклад наступні науковці та інженери – Башмаков А.І., Гурєєв В.А., Краснов В.І., Магід С.І., Нетлюх О.П., Переверзев І.О., Писаренко А.П., Плєтяний І.В., Самойлов В.Д., Склярів В.Ф., Сметана С.І., Соляник С.М., Чачко А.Г.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи відповідає основним науковим напрямкам та планам Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, що пов'язані з дослідженням та розробкою комп'ютерних візуальних технологій побудови ситуаційних і динамічних тренажерів для персоналу енергопідприємств, зокрема: «Дослідження та розробка комп'ютерних інструментальних технологій побудови засобів підтримки компетентності персоналу для забезпечення і підвищення надійності функціонування об'єктів енергетики», шифр «Конструктор-2»; «Дослідження та розробка комп'ютерних візуальних технологій побудови ситуаційних і динамічних тренажерів для персоналу енергопідприємств» (Шифр – «Тренажер»); «Дослідження і удосконалення технологій конструювання тренажерів оперативних переключень

персоналу розподільчих систем енергетики на основі редакторів нового покоління» (Шифр – «Тренажер-2»).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розвиток існуючих методів та засобів конструювання комп'ютерних систем підготовки персоналу, розробка нових підходів до побудови тренажерів та моделей для них, пошук шляхів зниження матеріальних та часових затрат на розробку навчальних систем та тренажерів оперативних перемикачів. Виходячи з мети цілями дослідження є:

- підвищення якості підготовки оперативно-диспетчерського персоналу за допомогою тренажерів та систем навчання;
- огляд, аналіз та класифікація комп'ютерних систем підготовки персоналу;
- аналіз сучасних методів, засобів і підходів до розробки та конструювання комп'ютерних тренажерів та систем навчання;
- пошук ефективних комп'ютерних технологій побудови засобів підготовки, які дозволять забезпечити зниження матеріальних та часових затрат на розробку навчальних систем.

Об'єкт дослідження – розробка та використання комп'ютерних систем і засобів підготовки та підтримання компетентності оперативно-диспетчерського персоналу нижчих рівнів в енергетиці.

Предмет дослідження – методи, засоби та технології конструювання комп'ютерних систем підготовки персоналу, а саме комп'ютерних тренажерів (тренажерних занять) та комп'ютерних систем навчання та контролю знань (навчальних занять), орієнтованих на оперативно-диспетчерський персонал нижчих рівнів.

Методи дослідження. У процесі дослідження використано теоретичний та експериментальний підходи, використовувалися методи теорії графів, математичного моделювання, теорії множин, чисельні методи.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі отримано наступні результати:

1. Вперше представлений ефективний метод розрахунку режиму для комп'ютерних тренажерів оперативних перемикачів, який розроблений з врахуванням специфіки структури розподільчих мереж – переважна деревовидність і обмежена кількість контурів, що визначається галузевими нормативними документами. Використання запропонованого методу в тренажерах оперативних перемикачів уможливує використання для проведення навчання типових комп'ютерів та забезпечує комфортний час відгуку на управляючі дії при великій кількості вузлів в моделі.

2. Удосконалено імітаційно-технологічний метод конструювання комп'ютерних тренажерних занять, в якому основою для побудови є опис процесу робочої діяльності оперативно-диспетчерського персоналу, що формується виходячи з посадових інструкцій та галузевої нормативно-технічної та технологічної документації. Згідно імітаційно-технологічного методу для тренажерного заняття необхідно розробляти модель управління об'єктом, а не математичну модель об'єкта. Використання методу дозволяє зменшити час та витрати на розробку тренажерних занять.

3. Вперше запропоновано для графічного представлення робочої діяльності персоналу та сценаріїв тренажерних і навчальних занять використовувати адаптацію стандарту опису бізнес процесів BPMN. Використання BPMN, як засобу формального графічного опису діяльності персоналу, дозволяє залучати до проектування та розробки тренажерів і навчальних систем спеціалістів галузі, покращити взаємодію між учасниками процесу побудови навчальних систем і зменшити загальний час розробки.

4. Удосконалено методи оцінювання компетентності персоналу. Вперше для ранжирування за рівнем компетентності фахівців запропоновано використовувати формули і структуру розрахунку шахового рейтингу, які ґрунтуються на порівнянні ймовірності очікуваного результату пари конкурсант – контрольне заняття і реального результату. Даний метод розрахунку рейтингу може бути використаний в комп'ютерних системах контролю знань для формування рейтингу персоналу та для проведення професійних змагань.

Представлені моделі розрахунку запропонованого рейтингу та оцінювання контрольних занять на основі відомих педагогічних підходів у вигляді типових формульних бібліотечних компонентів, що забезпечує можливість налаштування та використання моделей для оцінювання контрольних занять.

5. Набув подальшого розвитку метод конструювання навчально-тренувальних занять, який полягає у виборі і адаптації програмних пакетів-редакторів графічно-візуальної розробки додатків за рахунок створення і включення в них бібліотек типових компонентів та моделей орієнтованих на енергетику, що забезпечує в процесі експлуатації засобів підготовки персоналу можливість редагування контрольних занять без необхідності програмування, що в свою чергу, підвищує ефективність розробки комп'ютерних засобів підготовки.

6. Вперше запропоновано поєднати графічну специфікацію компонентів сценарію тренажерного заняття і власне компонентів предметного середовища, які відображаються на кожній сцені. Такий підхід до побудови засобів навчання дозволяє спростити процес розробки та відлагодження тренажерного заняття з використанням відомих пакетів графічно-візуальної розробки додатків.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дисертаційної роботи мають практичну і прикладну цінність та використовувалися при розробці комп'ютерних систем дистанційного навчання, контролю знань та тренажу АСПЕКТ/КОНКУРС/АСКО, локальних тренажерів для обхідників по обладнанню та тренажерів оперативних перемикачів і ліквідації аварійних ситуацій для персоналу підстанцій, електростанцій та енерговузлів.

Під час розробки систем дистанційного навчання АСПЕКТ/АСКО були використані представлені в дисертації методи і підходи до проектування та розробки комп'ютерних навчальних систем. В системі КОНКУРС реалізовано модуль інтегральної оцінки – рейтингу на основі методів та моделей описаних в дисертаційній роботі.

Локальні тренажери для обхідників по обладнанню та демонстрації по правильному порядку виконання операцій конструювалися за допомогою імітаційно-технологічного методу представленому в роботі.

Результати роботи були використані в тренажері енерговузла для розподільчих мереж. Енерговузол, що моделюється в тренажері оперативних перемикачів складається з 15 підстанцій різних типів, в моделі тренажера розраховуються напруга для більш як 2 тис. вузлів, та струми через 350 комутаційних апаратів. Результати досліджень дозволили побудувати швидкодіючу модель розрахунку розподільчої електричної системи для використання в тренажері.

Особистий внесок здобувача. Результати і наукові положення, що виносяться на захист, отримано здобувачем самостійно. Персональний внесок здобувача до наукових праць опублікованих у співавторстві:

[2] – алгоритм автоматичного формування вхідних даних для СЛАР, який по комутаційній структурі ПС формує систему рівнянь для розрахунку напруги у вузлах методом вузлових потенціалів. [3] – реалізація навігаційної структури, виділення побудови моделі навігації тренажера в окрему задачу з можливістю незалежної і паралельної роботи над нею. [4] – аналіз методів та алгоритмів розрахунку моделі комутаційної структури при практичній реалізації тренажерів оперативних перемикачів, включаючи методи вузлових потенціалів та метод по контурній ув'язки, алгоритм пошуку струмів та напруг в деревовидних комутаційних структурах, метод підйому струмів від навантажень до витоків. [6] – адаптація середовища Flash для використання в якості редактора для побудови програм і додатків сценарного типу не програмуючими спеціалістами. [7] – методологія проектування та побудови імітатора автоматизованих робочих місць з використанням середовища Flash. [8] – реалізація складових інтегрованої технології проектування сценарних структур. [9] – використання нотації BPMN 2.0 для графічних специфікацій робочої діяльності персоналу енергопідприємств.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і матеріали дисертаційної роботи було представлено на наступних конференціях та семінарах:

- щорічна ХХІХ науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, м. Київ, 2010 р.
- семінар «Використання сучасних систем дистанційного навчання для підготовки, перепідготовки і тестування персоналу підприємств енергетики», с. Славське, 2010 р.
- семінар «Проблеми впровадження і використання систем дистанційного навчання та тренажерної підготовки працівників енергетики та інших галузей промисловості з питань технічної експлуатації, охорони праці та пожежної безпеки», с. Славське, 2011 р.
- семінар-практикум «Принципи розробки, впровадження та використання сучасних комп'ютерних мультимедійних систем підготовки та тренажу персоналу енергопідприємств та об'єктів промисловості», с. Славське, 2013 р.
- науково-практична конференція «Сучасні методи аналізу усталених режимів електричних мереж та стійкості електроенергетичних систем. Новітні досягнення у проведенні тренажерної підготовки оперативно-диспетчерського персоналу», с. Славське, 2016 р.

- семінар «Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи навчання і тренажерної підготовки персоналу та системи підтримки управління підприємством для енергетики та інших об'єктів промисловості», с. Славське, 2018 р.
- II Міжнародна науково-практична конференція «Priority directions of science development», м. Львів, 2019 р.
- III Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Перспективи розвитку управлінських систем у соціальній та економічних сферах України: теорія і практика», м. Київ, 2019 р.
- Міжнародна науково-практична конференція «Пріоритетні напрямки досліджень в науковій та освітній діяльності», м. Львів, 2019 р.
- Міжнародна науково конференція «Наука та інновації – 2019: теорія, методологія та практика», м. Запоріжжя, 2019 р.

Публікації. Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковано в 16 роботах: 9 статтях, що входять до переліку наукових фахових видань, 5 – публікаціях матеріалів конференцій та 2 свідоцтвах про реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерну програму).

Структура та обсяг роботи. Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (66 найменувань) та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації складає 136 сторінок, в тому числі 116 сторінок основного тексту, включаючи 5 таблиць та 31 рисунок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету і завдання, сформульовано об'єкт, предмет та методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів дослідження, що виносяться на захист, описано структуру дисертаційної роботи.

У **першому розділі дисертаційної роботи** наведено структуру сучасної енергетики України і категорії персоналу в енергетиці, проведено аналіз існуючих систем підготовки та підтримання кваліфікації персоналу енергопідприємств. Представлено класифікацію сучасних комп'ютерних тренажерів та систем навчання персоналу. Здійснено огляд і аналіз методів та засобів побудови систем підготовки персоналу, в тому числі комп'ютерних тренажерів.

Загальна чисельність персоналу в енергетиці України – 170 тис., з них 35 тис. – це оперативно-диспетчерський персонал. На всіх підприємствах новоприйнятий персонал обов'язково проходить підготовку на місці. Також, персонал потребує періодичного навчання для підвищення та підтримки кваліфікації.

Готовність персоналу до ефективної оперативної роботи визначається рівнем компетентності або кваліфікації персоналу. Компетентність персоналу – це сукупність взаємопов'язаних знань, вмінь, навиків необхідних для виконання певної роботи, що регламентуються посадовими або робочими інструкціями.

Комп'ютерні систем підготовки персоналу – це програмні або програмно-технічні засоби призначені для перевірки рівня, підтримки та підвищення компетентності персоналу, яка включає знання, вміння та навички. Комп'ютерні

тренажери та системи навчання використовуються і показують свою високу ефективність. Порядок підготовки персоналу з використанням комп'ютерних систем представлений на рис.1:



Рис. 1. Порядок підготовки персоналу з використанням комп'ютерних систем

Аналізуючи теперішню ситуацію з підготовки персоналу в енергетиці України можна виділити наступні проблеми:

- Недостатній рівень первинної підготовки кадрів у вищій школі та закладах професійно-технічної освіти. Необхідність суттєвої і тривалої підготовки на підприємствах перед допуском до самостійної роботи.
- Значна плинність кадрів і втрата знань разом з персоналом.
- Велика завантаженість інструкторського персоналу.
- Висока вартість розробки та використання комп'ютерних тренажерів та навчальних систем.
- Недостатня кількість тренажерів для підготовки нижчих рівнів оперативного персоналу.

В значній мірі вирішити зазначені проблеми зможе розробка та впровадження в галузі комп'ютерних технологій конструювання тренажерів та навчальних систем не програмуючими спеціалістами, в першу чергу експертами технологіями на самих об'єктах енергетики.

Вимоги до методів та засобів конструювання комп'ютерних систем підготовки персоналу та тренажерів:

- Доступність для використання спеціалістами галузі:
 - Простота освоєння;
 - Локалізація українською (російською) мовами.
- Візуальне конструювання;
- Графічна специфікація моделей функціонування;
- Інструменти для не алгоритмічної реалізації комп'ютерних систем підготовки персоналу;

- Багаторазове використання розроблених блоків;
- Побудова на основі існуючих технічних засобів, без необхідності додаткового придбання спеціальних швидкодіючих комп'ютерів;
- Використання сучасних мультимедійних можливостей;
- Мережеве виконання з використанням web-технологій:
 - Платформонезалежність;
 - Дистанційне використання.
- Можливість простого обміну розробленими навчальними матеріалами.

У **другому розділі** представлено технологічний метод проектування та побудови тренажерів на основі опису діяльності оперативно-диспетчерського персоналу і метод конструювання навчально-тренувальних занять за допомогою адаптації відомих пакетів графічно-візуальної розробки додатків, який включає розробку бібліотек типових компонентів та моделей орієнтованих на енергетику.

Комп'ютерні моделі для тренажерів розробляються з використанням інформаційних технологій спеціалістами-програмістами разом з технологами та математиками. Такі технології дуже дорогі і потребують великих зусиль всіх розробників для його реалізації зважаючи на наступне. Реалізація повномасштабної моделі зазвичай потребує після її створення подальшої корекції програмістами на основі висновків технологів, тому що складно реалізувати в одній моделі всі режими запланованих та нових ТрЗ з необхідною точністю. Для розробки моделей використовуються мови програмування, складні спеціалізовані редактори з комп'ютерною реалізацією блоків математичного опису, що унеможливило залучення до процесу проектування спеціалістів галузі без допомоги висококваліфікованих спеціалістів по ІТ та математичним методам.

Для розробки систем підготовки та моделей тренажерів розроблений і пропонується для використання, імітаційно-технологічний метод, який дає змогу розробляти тренажерні засоби безпосередньо за участю фахівців галузі, так як орієнтований на технічні знання фахівців.

На відміну від об'єктно-математичного методу конструювання в основі імітаційно-технологічного лежить побудова моделей тренажерів виходячи із робочої діяльності персоналу для кожного робочого місця у відповідності із галузевою нормативно-технічною документацією (НТД).

Розробка моделей тренажерів, згідно запропонованого методу базується на основі галузевої документації і технічної документації підприємства. До неї відносяться: посадові (ПІ) та робочі (РІ) інструкції, інструкції з експлуатації, типові бланки та програми перемикачів, інша нормативно-технічна документація.

Для кожного тренажерного завдання проектується локальна модель або набір моделей відображення діяльності з управління об'єктом в ситуаціях, які визначаються сценарієм ТрЗ, який включає навчально-педагогічне супроводження процесу навчання.

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

- шлях розробки:
 - від посадових та експлуатаційних інструкцій (ПІ/ЕІ);
 - через графічні моделі робочої діяльності (ГМРД);

- до сценарно-моделюючих структур (СМС).
- замість математичної моделі об'єкта застосовується модель управління об'єктом у вигляді даних і формул;
- моделі управління об'єктом можуть бути розподілені між сценами;
- розробки супроводжуються графічними специфікаціями як сценарної складової, так і імітаційної частини;
- графічна специфікація типових бібліотечних блоків;
- наявність типових блоків реалізації автоматичного оцінювання

При імітаційно-технологічному методі тренажер розглядається як набір тренажерних занять. На рис. 2 представлена структурна схема імітаційно-технологічна методу конструювання тренажерів:

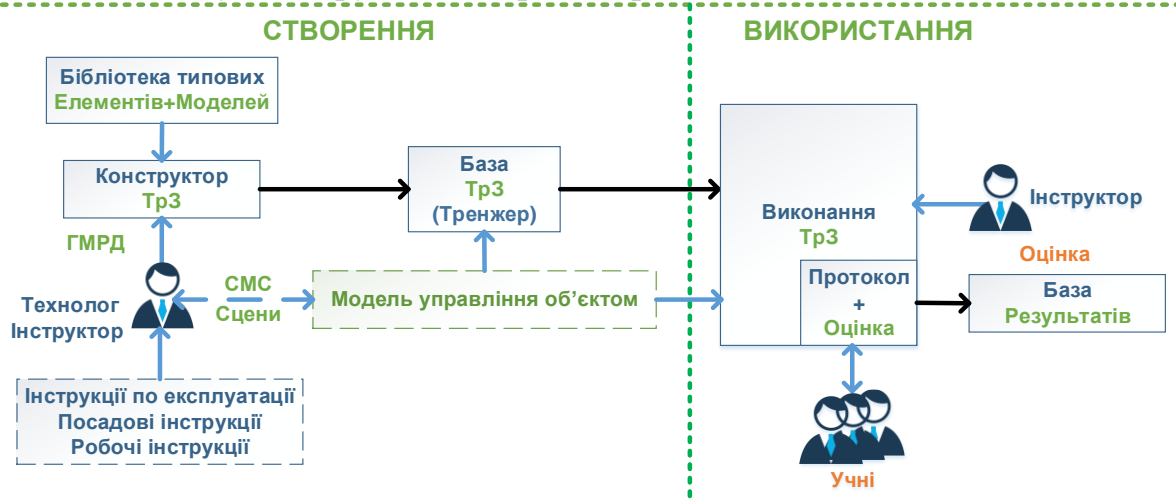


Рис. 2. Структурна схема імітаційно-технологічного методу

Для реалізації методу і створення інтегрованої технології проектування тренажерних систем на його основі необхідно забезпечити наступне.

Для реалізації сценаріїв:

- структурування навчального процесу, навчальних засобів, суб'єктів навчання, суб'єктів управління навчальним процесом;
- поетапну специфікацію графічного представлення сценарію;
- управління логікою сценарію по моделі інструктора і/або педагога для користувача;
- комфортний час відгуку на дії користувача при комп'ютерній реалізації;
- роботу з базою даних, яка враховує і підтримує структурування навчального середовища.

Для реалізації моделей управління об'єктом:

- специфікацію моделі управління об'єктом у вигляді блокової структури з бібліотечних типових і проблемно-орієнтованих блоків, пов'язаних причинно-наслідковими зв'язками;
- роботу динамічних моделей в заданому темпі часу;
- доступ користувача до моделі через сцени сценарію ТрЗ;
- виведення результатів моделювання на навчально-інформаційну модель відображення робочої обстановки;

• можливість доповнення сценарію ТрЗ моделлю оцінювання його виконання на основі оцінок ситуацій робочої діяльності, моделлю інструктора та педагога.

Для розробки графічних специфікацій необхідно обрати інструменти розробки, які забезпечать:

- опис робочого процесу (діяльності) розробника і супроводжуючий сценарій підтримки розробки;
- єдину мову, бажано графічну, взаємодії між усіма учасниками розробки проекту: розробниками, замовниками, технологами та іншими;
- широку стандартизацію, тобто максимальне використання загальноновживаних і загальновідомих специфікацій.

При переході від об'єктно-математичного підходу до імітаційно-технологічного з'являється можливість забезпечити:

- використання звичайних, не спеціалізованих технічних засобів – офісних комп'ютерів;
- можливість автоматичного оцінювання виконання ТрЗ;
- сценарну імітацію оперативних переговорів;
- простоту додавання нових ТрЗ;
- можливість дистанційного використання тренажера.

В таблиці 1 наведено порівняння Об'єктно-математичного та Імітаційно-технологічного методів конструювання тренажерів:

Таблиця 1

	Об'єктно-математичний	Імітаційно-технологічний
Використовувана модель	Математична модель об'єкта	Модель управління об'єктом
Модель будується по	Технічній документації	Експлуатаційним інструкціям
Розробники моделі	Програмісти, математики	Технологи
Складність розробки	Висока складність розробки і відповідно вартість	Набагато менша складність розробки
Складність підтримки	Складна адаптація та модернізація	Простіша адаптація та модернізація
Групові тренування	Підтримуються. Відсутність учня імітує інструктор	Підтримуються. Сценарна імітація відсутніх учнів
Імітація оперативних переговорів	Імітація оперативних переговорів через інструктора	Сценарна імітація оперативних переговорів
Модель оцінювання	Складно реалізувати. Часто експертна оцінка по протоколу	Можливість автоматичного оцінювання
Дистанційне використання	Обмежене через відсутність автоматичного оцінювання	Можливе
Технічні засоби (комп'ютери)	Високопродуктивні, часто спеціалізовані комп'ютери	Офісні комп'ютери

У **третьому розділі** запропоновано і описано реалізацію графічного представлення діяльності персоналу на основі адаптації стандарту опису бізнес процесів BPMN для створення сценаріїв тренажерних занять. Також запропоновано поєднати графічну специфікацію компонентів сценарію тренажерного заняття і власне компонентів предметного середовища, які відображаються на кожній сцені.

Однією із складових частин імітаційно-технологічного методу побудови навчальних систем та тренажерів є графічне відображення діяльності персоналу, яке є відправною точкою для розробки тренажерних занять.

При розробці графічних моделей потрібно враховувати наступні вимоги:

- бажаність вибору стандартизованої системи графічних елементів;
- легке розуміння їх використання усіма учасниками проекту (замовниками, розробниками, користувачами додатку);
- простота освоєння учасниками проекту;
- ієрархічність побудови графічної моделі;
- наявність простих редакторів для розробки моделей.

На основі аналізу мов та технологій графічного представлення запропоновано використовувати стандарт опису бізнес процесів BPMN для формального опису робочої діяльності персоналу енергопідприємств та сценаріїв тренажерних занять.

Нотація BPMN призначена для опису:

- порядку виконання дій;
- потоків даних між операціями процесу;
- потоків повідомлень між процесами.

Переваги нотації BPMN 2.0:

- можливість описувати дії без програмування;
- орієнтованість на технічних спеціалістів;
- цілісність та завершеність стандарту;
- розробка графічної моделі проводиться в термінах предметної області, а не комп'ютерного середовища, яке використовується;
- візуальна графічна модель є «похідним текстом» програми виконання додатку;
- відсутність недоліків, які є при створенні графічних моделей за допомогою блок-схем, нотацій IDEF та інших;
- можливість обрання щільності нотації, тобто кількості графічних елементів, необхідних для опису певного додатку;
- відкритість стандарту і всіх внутрішніх структур, що дає можливість повноцінного використання в програмних засобах.

Недоліком нотації BPMN є те, що вона мала як цільову аудиторію фахівців в області бізнес-процесів. Приклади використання нотації BPMN 2.0 для опису додатків в енергетичній галузі в Україні відсутні.

З набору доступних в BPMN сутностей виділено 5 основних категорій графічних елементів діаграм для графічного опису виробничої діяльності: елементи управління, елементи з'єднання, артефакти, дані, зони відповідальності.

Елементи управління – це операції, логічні оператори, події.

Операція (процес) визначає одиницю роботи, в результаті виконання якої змінюється стан об'єкта управління. Логічний оператор відображує роботу, котра не

змінює об'єкт, але змінює напрямок подальших дій. Подія визначає момент часу виконання роботи, або час продовження операції, або реакцію на зміну стану зовнішніх по відношенню до процесу об'єктів.

Елементи з'єднання призначені для з'єднання елементів нотації і містять: потоки управління, направлені і ненаправлені асоціації, потоки повідомлень, повідомлення.

Потоки управління зв'язують окремі операції, логічні оператори і події і встановлюють порядок їх виконання. Ненаправлені асоціації зв'язують артефакти з елементами управління і потоками управління, але не відображають послідовність виконання роботи. Направлені асоціації використовуються для визначення напрямку передачі даних. Потоки повідомлень відображають обмін інформаційними посиланнями між учасниками процесу, але не відображають структуру посилання.

Для моделювання порядку та маршрутів виконання процесу використовуються потоки управління: безумовний, умовний, по замовчанню. Умовний потік визначається логічним оператором і дає змогу вибрати напрям передачі управління, або, при виконанні умови по замовчанню, – визначає напрям, якщо умови для всіх інших потоків не виконуються

Дані використовують для відображення інформаційних потоків на діаграмі процесу і містять об'єкти даних, сховища даних, повідомлення.

Артефакти – це графічні елементи, для котрих не визначається семантика виконання. До артефактів відносяться групи, які логічно об'єднують декілька операцій з метою не розкривати зайвих деталей процесу, анотації для додавання необхідних коментарів.

Зони відповідальності – це пули і доріжки для логічного групування операцій процесу. Пул окреслює межі процесу. Назва пулу вказує на власника процесу. Потік управління не може пересікати границю пулу. Потік повідомлень відображається між пулами, але не може з'єднувати операції в середині одного пулу.

Для розуміння можливості використання графічних елементів нотації BPMN 2.0 для побудови графічних моделей діяльності персоналу необхідно взяти до уваги наступне: дії персоналу орієнтовані на процеси з організації взаємодії користувачів з енергетичним об'єктом і один з одним. Процес описує роботу, яку необхідно виконати, щоб досягти запланованої мети.

Відкритість стандарту BPMN та структур, що використовуються для обміну між різними додатками, забезпечили достатньо велику кількість готових програмних продуктів для розробки графічних специфікацій, як пропріетарних, так і безкоштовних. Для побудови графічної специфікації діяльності персоналу вибрано безкоштовний пакет Bizagi Studio.

Використання нотації BPMN в пакеті Bizagi Studio для побудови графічних специфікацій дій персоналу енергопідприємств розглянуто на прикладі специфікації дій диспетчера центральної диспетчерської служби (ДЦДС) при ліквідації аварії, при якій на підстанції відбулося аварійне вимкнення трансформатору від дії захистів.

Фрагмент графічної специфікації дій ДЦДС по ліквідації аварії представлений на рис.3. При ліквідації аварії дії ДЦДС складаються з декількох основних груп: зняття показників ОІК, аналіз аварії, власні дії ДЦДС, спілкування з керівниками

підпорядкованих підрозділів, відновлення нормальної роботи обладнання, доповіді керівництву.

Таким чином всі дії при ліквідації аварії можливо специфікувати в пакеті Bizagi Modeler за допомогою невеликої кількості графічних елементів, які легко запам'ятовуються і за допомогою яких, фахівець на об'єкті, може самостійно і кваліфіковано розробити специфікацію.

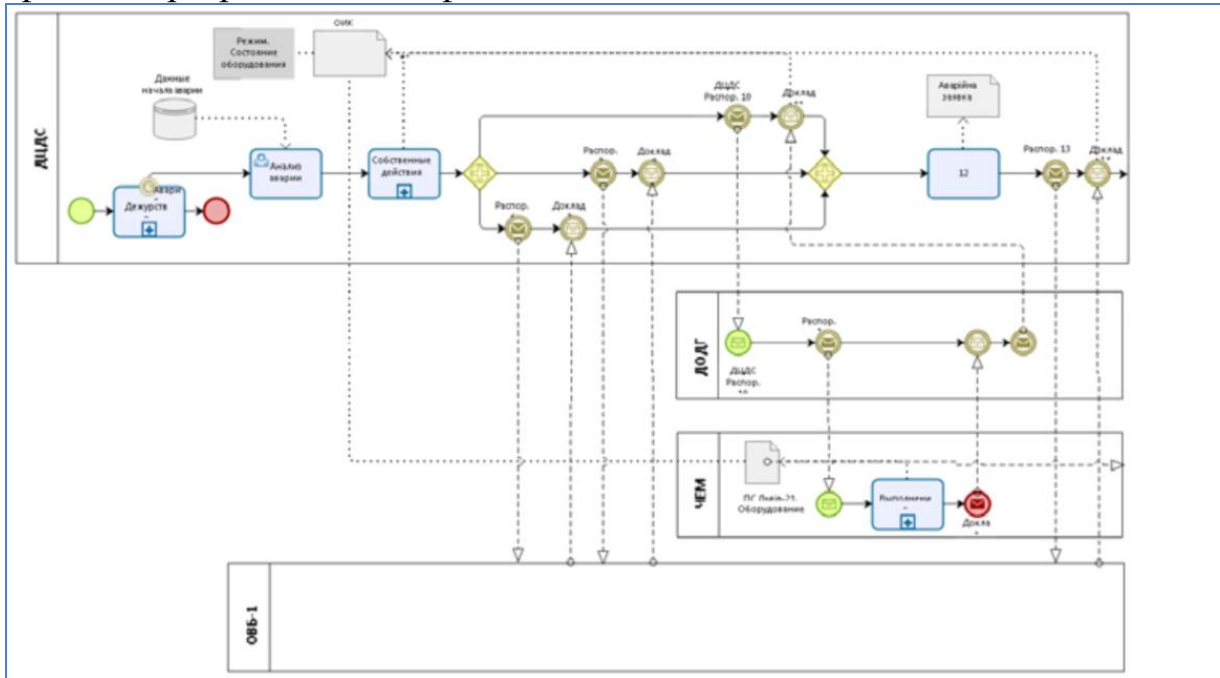


Рис. 3. Фрагмент графічної специфікації дій ДІДС по ліквідації аварії

Четвертий розділ присвячений типовим моделям, які можуть використовуватися в тренажерах оперативних перемикачів.

Запропоновано метод побудови моделей розподільчих мереж та розрахунку режиму, що орієнтовані на режимні тренажери оперативних перемикачів. Метод базується на використанні розробленої бібліотеки типових компонентів управління об'єктом та типовій налаштовуваній моделі об'єкта. Висока швидкість представленого методу забезпечується за рахунок врахування специфіки структури розподільчих мереж – переважної деревовидності. Представлені результати розрахунку режиму з використанням запропонованого методу, виконано порівняння теоретичної та експериментальної оцінка швидкості розрахунку режиму електромережі з використанням запропонованого методу.

Основою тренажерів оперативних перемикачів є модель комутаційної структури (КС) енергомережі. Модель повинна реагувати на дії користувачів по перемиканням комутаційних елементів (КЕ) і для кожного стану КС визначати напругу у вузлах мережі і струми через КЕ.

Необхідність розрахунку струмів в компонентах КС ПС виникає у зв'язку з вимогою реалізації на моделі наступних завдань:

- модель повинна реагувати на недопустимість проведення операцій з роз'єднувачем, по якому проходить струм (важлива наявність та значення струму);
- реалізація спрацьовування автоматики та захистів при перевищенні допустимих струмів в вимикачах, трансформаторах та іншому обладнанні;

- вивід значень струмів на показуючі прилади в різних місцях ПС.

Значення струмів визначаються навантаженнями, які знаходяться поза ПС і на рівні ПС не можуть бути визначені, але можуть бути додані до моделі конкретного ТрЗ з бази даних.

Необхідно відмітити, що задача визначення струмів є нелінійною, так як в реальній ситуації навантаження задаються не струмами, а потужностями. Для вирішення цієї задачі потрібен ітераційний цикл, на кожній ітерації якого відбувається розрахунок лінійного електричного кола.

Були розглянуті наступні методи розрахунку моделей режимів розподільчих мереж:

1. Одержання даних з наперед створеної БД на основі реальних даних або розрахунків в системах розрахунку ustalених режимів енергосистем. Такий підхід не є універсальним, так як потребує отримання даних для всіх станів комутаційної структури для кожного тренажерного заняття.

2. Метод формульного визначення наявності напруг у вузлах та струмів в компонентах комутаційної структури з використанням теорії графів. Даний метод є трудозатратною для реалізації та не передбачає можливості автоматичного формування моделі для розрахунку режиму

3. Розрахунок моделей режимів розподільчих мереж за допомогою побудови системи лінійних алгебраїчних рівнянь на основі методу вузлових потенціалів або контурних струмів та їх розв'язку прямими та ітераційними методами. Складність алгоритмів розрахунку режиму розподільчих мереж для тренажерних занять методом побудови і рішення СЛАР визначається третьою степенем від кількості вузлів. При використанні ітераційних методів для розв'язку СЛАР також необхідно враховувати умови і швидкість збіжності ітераційного процесу.

Розрахунок струмів і напруги комутаційної структури, характерною для електричних розподільчих мереж, рис. 4, можна виконувати більш ефективно, якщо враховувати деревовидність розподільчих мереж.

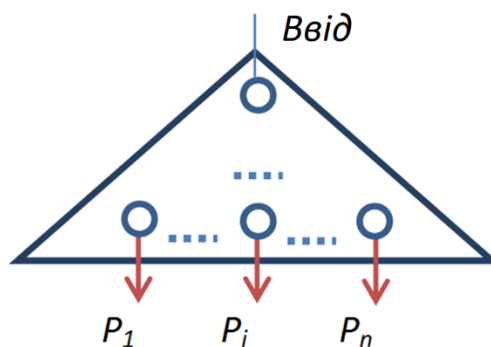


Рис. 4. Деревовидна структура розподільчої мережі

Деревовидність структури енергомережі в нормальному режимі і обмеження по кількості контурів визначені в «Правилах виконання оперативних перемикачів в електроустановках». Правила визначають, що структура електричної розподільчої мережі повинна бути деревовидна в нормальному режимі роботи, а для забезпечення безперебійного живлення споживачів (переведення з одного джерела на інше) та в аварійних режимах можливе тимчасове паралельне включення.

Метод підйому струмів. Виділимо в деревовидній КС вузол кореня дерева (Витік) і вузли з навантаженнями (Стоки). У вузлі Витік задано напругу вводу, у вузлах навантажень задані їхні потужності. За допомогою алгоритму пошуку в глибину (або в ширину) по заданому списку суміжності для кожного з вузлів можна визначити вузол-предок. Алгоритм розрахунку методом підйому струмів:

1. Визначення напруг у вузлах навантажень за відомим початковим наближення для струмів дуг.

2. Формування струмів навантажень по відомій потужності навантажень з урахуванням ітераційного значення напруг у вузлах навантажень.

3. Визначення струмів дуг по струмам навантажень відповідно з першим правилом Кірхгофа.

4. Визначення напруг у вузлах навантажень.

5. Розрахунок ітераційного значення потужності у вузлах навантажень і максимальної відносної помилки їх визначення.

6. Якщо максимальна відносна помилка перевищує допустиму величину, перейти до кроку 2, інакше – завершити розрахунок.

Одна ітерація розрахунку деревовидної КС виконується в два етапи:

1. Підйом до Витоку струмів, заданих вузлами з навантаженнями.

2. Послідовне визначення напруги у всіх пов'язаних з Витоком вузлах: починаючи від Витоку з врахуванням отриманих значень струмів дуг і заданої напруги Витоку.

Визначивши на другому етапі ітерації вектор U напруг в навантажених вузлах, розраховуються потужності в цих вузлах $P_j^{i+1} = U_j I_j$, на $i + 1$ ітерації і визначимо максимальну помилку для заданих потужностей:

$$\Delta P = \max_j \text{abs}\left(\frac{P_j^3 - P_j^{i+1}}{P_j^3}\right) \quad (1)$$

На наступній ітерації для визначення струмів навантажень використовується новий вектор напруги U^{i+1} .

Для розрахунку режиму комутаційної структури при наявності контурів необхідно на етапі підйому до Витоку побудувати СЛАР для визначення струмів і напруги контурів, та розв'язати її одним з відомих методів. Розмірність СЛАР буде дорівнювати кількості контурів.

Часова складність запропонованого алгоритму підйому струмів з урахуванням контурів становить $O(V + K^3)$, де V – кількість вузлів, K – кількість контурів.

Експериментальна оцінка ефективності роботи методу підйому струмів.

Для перевірки ефективності роботи алгоритму була проведена експериментальна оцінка швидкодії розрахунку режимів розподільчої мережі з використанням різних методів. В експериментах використовувалася «штучна» комутаційна структура наступного вигляду (рис.5):

Час розрахунку режиму КС методом контурних струмів з різною кількістю контурів зображений на рис. 7

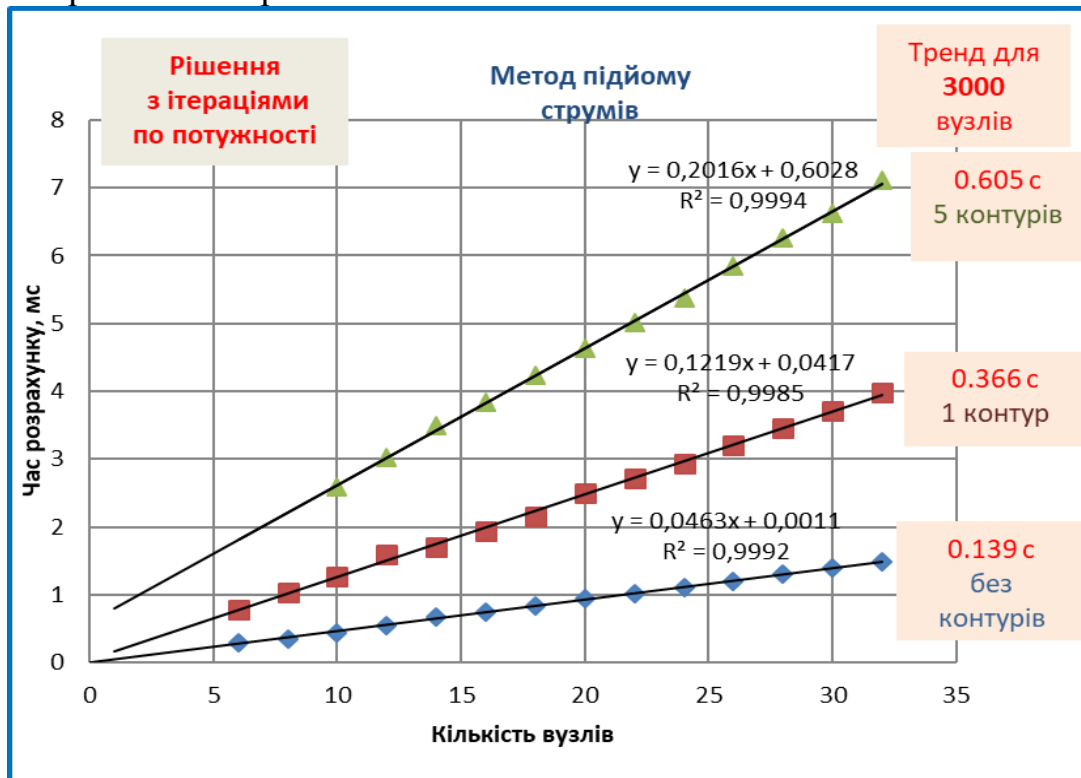


Рис. 7. Час розрахунку методом підйому струмів з різною кількістю контурів

Результати експерименту підтверджують, що часова складність запропонованого методу підйому струмів має вигляд $O(V + K^3)$, де V – кількість вузлів, K – кількість контурів.

Для комутаційної структури, що складається із 3000 вузлів та 5 контурів, метод підйому струмів ефективніший за метод по вузлам СЛАР на 4 порядки. Потрібно відмітити, що при великій кількості контурів ефективність методу підйому струмів стає аналогічною до методів рішенням СЛАР по вузлам.

В п'ятому розділі розглянуті методи та моделі оцінювання компетентності персоналу, що використовуються в начальних та тренувальних заняттях. Відомі з педагогіки методи оцінювання представлені у вигляді формульних моделей. Описано реалізований новий метод інтегрального оцінювання учнів та навчальних занять з використанням формул і структур розрахунку шахового рейтингу.

Методи оцінки елементів компетентності персоналу – це сукупність підходів, що використовуються для отримання інформації про рівень знань, вмінь та навиків. За способом реалізації методи оцінювання в комп'ютерних системах поділяються на:

- Експертне оцінювання по протоколу проходження заняття, яке проводить інструктор;
- Автоматичне оцінювання на основі розроблених моделей педагога (інструктора).

Всі сучасні комп'ютерні засоби підготовки забезпечують в більшій чи меншій мірі автоматичне оцінювання, а не просто фіксацію дій та відповідей учня.

На сьогоднішній розроблено та використовується більше 400 систем комп'ютерного навчання та контролю знань. Розглянувши реалізацію моделей оцінювання в комп'ютерних системах навчання та контролю знань зроблено висновок, що вони використовують загальноприйняті системи оцінювання, які базуються на розроблених педагогічних методиках і взяті з системи освіти.

Необхідно забезпечити можливість для інструкторів визначати та налаштовувати метод оцінювання для контрольних занять для конкретних ситуацій у вигляді типових бібліотечних компонентів.

Наприклад, форма розрахунку 100 бальної оцінки для тренажерного заняття може мати вигляд:

$$\text{ОцТрЗ}_{100} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n (\text{ПрД}_i \times V_i - \text{НпД}_i \times V_{\text{НпД}_i} - t_i \times V_t)}{\text{Бал}_{\text{max}}}, \quad (2)$$

де ПрД_i – правильна дія в i -ому стані;

НпД_i – неправильна дія в i -ому стані;

t_i – час затрачений на дію i -ого стану;

$V_i, V_{\text{НпД}_i}, V_t$ – ваги $\text{ПрД}_i, \text{НпД}_i, t_i$;

n – кількість станів;

Бал_{max} – максимальний бал для ТрЗ, що розраховується за формуло (3):

$$\text{Бал}_{\text{max}} = \sum_{i=1}^n \text{ПрД}_i \times V_i, \quad (3)$$

Ранжирування за рівнем компетентності фахівців. Пропонується для ранжуванням за рівнем компетентності фахівців в енергетиці використовувати формули та структури розрахунку шахового рейтингу Ело. Система Ело основана на імовірнісному розрахунку результату матчу, в залежності від поточного рейтингу гравців.

При використанні рейтингу Ело в шахах гравці зустрічаються між собою і в результаті ігор формується рейтинг. При проходженні професійного навчання та тестування конкурсант безпосередньо між собою не зустрічаються, вони ніби змагаються із контрольними заняттями (КЗ): навчальними або тренажерними заняттями. Тому будемо виділяти дві окремі групи рейтингів: рейтинг персоналу (конкурсантів) та складність контрольних занять.

Початковий рейтинг конкурсантів та складність контрольних занять, згідно системи Ело, становить 1000. Після проходження КЗ рейтинг конкурсанта та складність КЗ перераховується, згідно формул системи рейтингів Ело.

Перерахунок рейтингу конкурсанта записаний у вигляді загальної формули (4):

$$\text{НРК} = \text{РК} + K_P \times \left(\frac{1}{1 + 10^{(\text{СКЗ} - \text{РК})/400}} \times 100\% - \text{ОцДійс}_{100} \right) / 100 \quad (4)$$

де НРК – новий рейтинг конкурсанта;

РК – рейтинг конкурсанта перед проходженням КЗ;

K_p – коефіцієнт зміни рейтингу;

$СКЗ$ – складність КЗ;

$ОцДійс_{100}$ – дійсна оцінка за проходження КЗ.

Алгоритм перерахунку складності контрольного заняття аналогічний до алгоритму розрахунку рейтингу персоналу, але розглядається обернений випадок, що КЗ «перемагає» конкурсанта. Загальна формула перерахунок складності контрольних занять має вигляд (5):

$$НРК = РК + K_c \times \left(\frac{1}{1 + 10^{(РК-СКЗ)/400}} \times 100\% - ОцДійс_{100} \right) / 100 \quad (5)$$

де $НСКЗ$ – нова складність КЗ;

$СКЗ$ – складність КЗ перед проходженням конкурсантом КЗ;

K_c – коефіцієнт зміни складності;

$РК$ – рейтинг конкурсанта;

$ОцДійс_{100}$ – дійсна оцінка за проходження КЗ.

Значення рейтингів персоналу та складностей КЗ фіксуються в БД. Перерахунок рейтингу персоналу та складностей КЗ відбувається автоматично по формулам після проходження персоналом КЗ.

Структурна схема розрахунку рейтингу персоналу (Р) і складності контрольних занять (С) представлена на рис. 8:

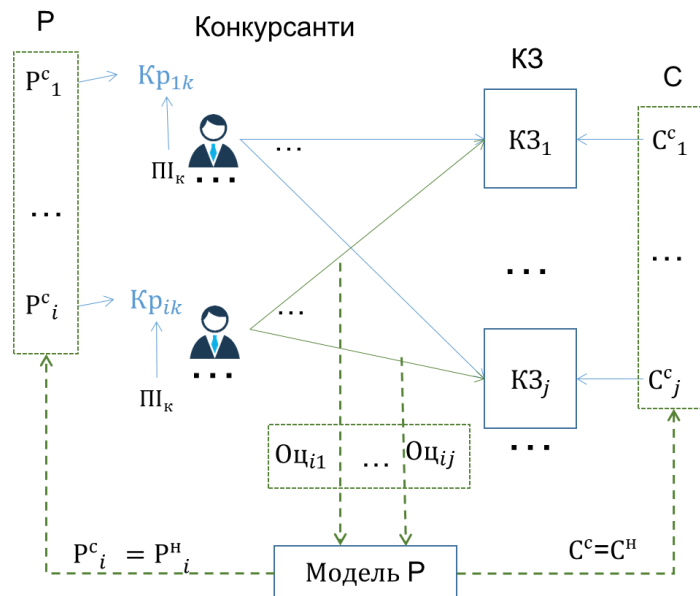


Рис. 6. Структурна схема розрахунку рейтингу

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача покращення ефективності інструментального забезпечення інформаційних технологій, а саме технологій побудови комп'ютерних систем підготовки персоналу за рахунок пошуку нових методів та засобів конструювання комп'ютерних тренажерів і систем навчання, які дозволяють залучати до процесу розробки спеціалістів галузі.

Основні наукові і практичні результати полягають у наступному:

1. Представлений ефективний метод розрахунку режиму для комп'ютерних тренажерів оперативних перемикачів, який розроблений з врахуванням специфіки структури розподільчих мереж – переважна деревовидність і обмежена кількість контурів, що визначається галузевими нормативними документами. Використання запропонованого методу в тренажерах оперативних перемикачів уможливило використання для проведення навчання типових комп'ютерів та забезпечує комфортний час відгуку на управляючі дії при великій кількості вузлів в моделі.

2. Удосконалено імітаційно-технологічний метод конструювання комп'ютерних тренажерних занять, в якому основою для побудови є опис процесу робочої діяльності оперативно-диспетчерського персоналу, що формується виходячи з посадових інструкцій та іншої нормативно-технічної документації. Згідно імітаційно-технологічного методу для тренажерного заняття необхідно розробляти модель управління об'єктом, а не математичну модель об'єкта. Використання методу дозволяє зменшити час та витрати на розробку тренажерних занять.

3. Запропоновано для графічного представлення робочої діяльності персоналу та сценаріїв тренажерних і навчальних занять використовувати адаптацію стандарту опису бізнес процесів BPMN. Використання BPMN, як засобу формального графічного опису діяльності персоналу, дозволяє залучати до проектування та розробки тренажерів і навчальних систем спеціалістів галузі, покращити взаємодію між учасниками процесу побудови навчальних систем і зменшити загальний час розробки.

4. Для ранжирування за рівнем компетентності фахівців запропоновано використовувати формули і структуру розрахунку шахового рейтингу, які основані на порівнянні ймовірності очікуваного результату пари конкурсант – контрольне заняття і реального результату. Представлений метод розрахунку рейтингу може бути використаний в комп'ютерних системах контролю знань для формування рейтингу персоналу та для проведення професійних змагань.

5. Представлені моделі розрахунку запропонованого рейтингу та оцінювання контрольних занять на основі відомих педагогічних підходів у вигляді типових формульних бібліотечних компонентів, що забезпечує можливість налаштування та використання моделей для оцінювання контрольних занять. Моделі оцінювання реалізовані в комп'ютерних системах дистанційного навчання та використовуються інструкторами при проведенні контролю знань персоналу.

6. Для створення засобів конструювання тренажерних занять запропоновано та описано використання стандартних програмних пакетів-редакторів, які відомі спеціалістам галузі та є простими у освоєнні. Для цього з усього набору функцій програмних пакетів виділені необхідні та проведена їх адаптація. Такий підхід дозволяє розробляти та модернізувати тренажерні заняття в режимі редагування фахівцями галузі без залучення програмістів.

7. Описані в дисертаційній роботі підходи, методи та засоби використовувалися при розробці систем дистанційного навчання та контролю знань АСПЕКТ/КОНКУРС/АСКО та тренажерів оперативних перемикачів для підприємств розподільчих мереж.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Самойлов В.Д., Абрамович Р.П. Поиск токов в коммутационных структурах электрических подстанций для моделей тренажеров оперативных переключений. *Электронное моделирование*. – 2013 – Т. 35, № 1. – С. 95-107.
2. Самойлов В.Д., Винничук С.Д., Абрамович Р.П. Метод подъема токов нагрузок к узлу ввода для расчета энергетических распределительных сетей. *Электронное моделирование*. – 2015. – Т. 37, № 6. – С. 83-97.
3. Абрамович Р.П. Використання професійного рейтингу в системі тестування держслужбовців. *Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України* – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2009. – Вип. 50. – С. 28-36.
4. Абрамович Р.П., Бальва А.О., Самойлов В.Д. Інтегрована технологія проектування комп'ютерних засобів сценарного типу підготовки фахівців для енергопідприємств. *Електронне моделювання*. – 2018. – Т. 40, № 2. – С. 27-42.
5. Абрамович Р.П., Бальва А.А., Самойлов В.Д. Построение модели навигации для компьютерных тренажеров и приложений сценарного типа. *Электронное моделирование*. – 2014 – Т. 36, № 1. – С. 97-105.
6. Абрамович Р.П. Структуры данных для модели тренажера оперативных переключений. *Моделювання та інформаційні технології*. – 2016. – Вип. 76. – С. 10-17.
7. Бальва А.О., Абрамович Р.П., Максименко О.О. Технологія візуального проектування систем підтримки компетентності персоналу енергопідприємств. *Моделювання та інформаційні технології*. – 2016. – Вип. 76. – С. 70-77.
8. Бальва А.О., Самойлов В.Д., Абрамович Р.П. До вибору графічної специфікації діяльності персоналу енергопідприємств. *Моделювання та інформаційні технології*. – 2018. – Вип. 85. – С. 45-52.
9. Абрамович Р.П. Метод графічної специфікації діяльності користувачів системи контролю знань. *XXIX Науково-технічна конференції «Моделювання» ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України*. 12-13 січня 2010 р. – тези доп. – м. Київ – С.20.
10. Абрамович Р.П. Імітаційно-технологічний метод конструювання моделей для комп'ютерних тренажерів. *II Міжнародна науково-практична конференція «Priority directions of science development»*. 25-26 листопада 2019 р. – тези доп. – м. Львів – С.152-155.
11. Абрамович Р.П. Використання комп'ютерних тренажерів та комп'ютерних навчальних систем для підготовки та перепідготовки фахівців в енергетиці. *III Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Перспективи розвитку управлінських систем у соціальній та економічних сферах України: теорія і практика»*. 28 листопада 2019 р. – тези доп. – м. Київ – С. 236-238.
12. Абрамович Р.П. Використання нотації VRMN для графічного представлення робочої діяльності персоналу та сценаріїв тренажерних занять. *Міжнародна науково-практична конференція «Пріоритетні напрямки досліджень в науковій та освітній діяльності»*. 05-06 грудня 2019 р. – тези доп. – м. Львів – С.29-30.

13. Абрамович Р.П. Методи побудови моделей розподільчих мереж та розрахунку режиму для тренажерів оперативних перемикачів. *Міжнародна науково конференція «Наука та інновації – 2019: теорія, методологія та практика»*. 06 грудня 2019 р. – тези доп. – м. Запоріжжя – С. 119-121.

14. Бальва А.О., Абрамович Р.П., Максименко О.О. Питання розробки імітатора людино-машинної системи для проектування інтерфейсу автоматизованих робочих місць (АРМ). *Моделювання та інформаційні технології*. – 2016. – Вип. 77. – С. 12-20.

15. Соляник С.М., Абрамович Р.П., Лемчик Р.О., Шалай Д.Б., Збінський К.В., Шемечко Я.П. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна система дистанційного навчання та контролю знань «АСКО». *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 85005, дата реєстрації 29.01.2019 р.*

16. Соляник С.М., Абрамович Р.П., Лемчик Р.О., Шалай Д.Б., Збінський К.В., Шемечко Я.П. Комп'ютерна програма «Автоматизована система проведення навчання, контролю знань та тренажу «АСПЕКТ». *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 85006, дата реєстрації 29.01.2019 р.*

АНОТАЦІЯ

Абрамович Р.П. Методи та засоби конструювання комп'ютерних систем підготовки оперативно-диспетчерського персоналу нижчих рівнів в енергетиці. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, 2020.

Дисертаційна робота присвячена розробці методів та засобів конструювання комп'ютерних систем підготовки персоналу, пошуку ефективного інструментального забезпечення інформаційних технологій для проектування та побудови комп'ютерних навчальних систем та тренажерів спеціалістами технологіями галузі, які дозволяють забезпечити масовість розробки, за рахунок зниження затрат на розробку таких систем.

Запропоновано і реалізовано графічне представлення робочої діяльності персоналу та сценаріїв тренажерних і навчальних занять на основі адаптації стандарту опису бізнес процесів BPMN.

Представлений імітаційно-технологічний метод конструювання тренажерних занять в якому основою для побудови є опис процесу робочої діяльності оперативно-диспетчерського персоналу, що формується виходячи з посадових інструкцій та галузевої нормативно-технічної та технологічної документації. Для тренажерного заняття розробляється імітаційна модель управління об'єктом, а не математична модель об'єкта. Проведено порівняння традиційного об'єктно-математичного методу конструювання комп'ютерних тренажерів з представленим імітаційно-технологічним.

Розглянуто методи побудови моделей розподільчих мереж та розрахунку режиму енергомережі для тренажерів оперативних перемикачів. Враховуючи специфіку структури розподільчих мереж, переважну деревовидність і обмежену

кількість контурів, що визначається галузевими нормативними документами, представлений ефективний метод побудови моделей розподільчих мереж та метод розрахунку режиму з використанням таких моделей при великій кількості вузлів.

Розглянуті методи та моделі оцінювання компетентності персоналу, що використовуються в начальних та тренувальних заняттях. Описано реалізований новий метод інтегрального оцінювання компетентності конкурсантів та виконання контрольних занять з використанням формул і структур розрахунку шахового рейтингу.

Ключові слова: системи підготовки персоналу, комп'ютерні навчальні системи, комп'ютерні тренажери, конструювання комп'ютерних систем підготовки персоналу, оперативний персонал, диспетчерський персонал, опис робочих процесів, графічне представлення діяльності.

АННОТАЦІЯ

Абрамович Р.П. Методы и средства конструирования компьютерных систем подготовки оперативно-диспетчерского персонала нижних уровней в энергетике. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – компьютерные системы и компоненты. – Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, Киев, 2020.

Диссертационная работа посвящена разработке методов и средств конструирования компьютерных систем подготовки персонала, поиску эффективного инструментального обеспечения информационных технологий для проектирования и построения компьютерных обучающих систем и тренажеров специалистами технологами отрасли, которые позволят обеспечить массовость разработки, за счет снижения затрат на разработку таких систем.

Предложено и реализовано графическое представление рабочей деятельности персонала и сценариев тренажерных и учебных занятий на основании адаптации стандарта описания бизнес процессов BPMN. Использование BPMN, как средства формального графического описания деятельности персонала, позволяет привлекать к проектированию и разработке тренажеров и обучающих систем специалистов отрасли, улучшить взаимодействие между участниками процесса построения обучающих систем и уменьшить общее время разработки.

Представлен имитационно-технологический метод конструирования тренажерных занятий, в котором основанием для построения является описание процесса рабочей деятельности оперативно-диспетчерского персонала, который формируется исходя из должностных инструкций и отраслевой нормативно-технической и технологической документации. Для тренажерного занятия разрабатывается имитационная модель управления объектом, а не математическая модель объекта. Проведено сравнение традиционного объектно-математического метода конструирования компьютерных тренажеров с представленным имитационно-технологическим.

Рассмотрены методы построения моделей распределительных сетей и расчета режима энергосетей для тренажеров оперативных переключений. Учитывая специфику структуры распределительных сетей, преимущественную древовидность

и ограниченное количество контуров, которая определяется отраслевыми нормативными документами, представлен эффективный метод построения моделей распределительных сетей и метод расчета режима с использованием таких моделей при большом количестве узлов. Использование предложенного метода в тренажерах оперативных переключений делает возможным использование для проведения обучения типовых компьютеров и обеспечивает комфортное время отклика на управляющие действия при большом количестве узлов в модели.

Рассмотрены методы и модели оценивания компетентности персонала, которые используются в учебных и тренировочных занятиях. Описан реализованный новый метод интегрального оценивания компетентности конкурсантов и выполнения контрольных занятий с использованием формул и структур расчета шахматного рейтинга. Представленный метод расчета рейтинга может быть использован в компьютерных системах контроля знаний для формирования рейтинга персонала и для проведения профессиональных соревнований.

Предложены модели расчета рейтинга и оценки контрольных занятий на основе известных педагогических подходов в виде типовых формульных библиотечных компонентов, которые обеспечивают возможность настройки и использования моделей для оценки контрольных занятий. Модели оценки реализованы в компьютерных системах дистанционного обучения и используются инструкторами при проведении контроля знаний персонала.

Для создания средств конструирования тренажерных занятий предложено и описано использование стандартных программных пакетов редакторов, которые известны специалистам отрасли и просты в освоении. Для этого из всего набора функций программных пакетов выделены необходимые и проведена их адаптация. Такой подход позволяет разрабатывать и модернизировать тренажерные занятия в режиме редактирования специалистами отрасли без привлечения программистов.

Ключевые слова: системы подготовки персонала, компьютерные обучающие системы, компьютерные тренажеры, конструирование компьютерных систем подготовки персонала, оперативный персонал, диспетчерский персонал, описание рабочих процессов, графическое представление деятельности.

ABSTRACT

Abramovych R.P. Methods and tools of designing computer aided systems for training lower levels operational and dispatcher personnel in Energy Engineering. – As the manuscript.

Dissertation for the candidate of technical science degree in specialty 05.13.05 – computer systems and components. – Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering NAS of Ukraine, Kyiv, 2020.

The dissertation is dedicated to development of the methods and tools for computer aided personnel training systems design and research of information technologies for design and construction computer aided learning systems and training simulators by industry experts. This methods and tools will ensure mass development of such systems, by reducing development costs.

Graphical representation of personnel activity and training scenarios is proposed and implemented based on the adaptation of the BPMN business process description standard.

The imitative-technological method of designing training simulators is presented, it is based on working processes specification of operational and dispatcher personal, which is formed on position instructions and other technical documentation.

The methods of constructing distribution network models and calculation of the power grid mode for operator training simulators are considered. Given the specifics of the distribution network structure, predominant tree view and a limited number of contours, effective method for constructing distribution network models and a mode calculation method are presented.

The methods and models for personnel competence evaluation are considered. New method for the integrated evaluation of contestants' competence and training exercises level using formulas and structures of the chess rating is implemented and described.

Key words: personnel training systems, computer aided learning systems, computer aided training simulators, operator training simulators, computer aided personnel training systems design, operational personnel, dispatcher personnel, working processes specification, graphical representation of activity.