

А.О. Бальва, Київ  
Р.П. Абрамович, Львів  
В.Д. Самойлов, Київ

## КОМП'ЮТЕРНІ СЦЕНАРНО-ПЕДАГОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ ТРЕНАЖЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

**Abstract.** Classification of aids and methods of personnel training in the energy industry of Ukraine is presented; the procedure for preparation and support of the qualification level required to manage the energy systems, equipment and facilities of regional energy production companies (Obenergo) is proposed. The known approaches are analyzed, and a new information technique called the scenario pedagogical method targeted at the training of industry experts is described. Implementation of graphical specifications of the method components within the environment of up-to-date data packages is recommended. Implementation of the techniques requires no assistance of skilled experts.

Важливою задачею електроенергетики України як галузі є забезпечення і підтримка компетентності експлуатаційного і оперативного-диспетчерського персоналу теплових і атомних станцій, мережевих підприємств. Ефективне досягнення цієї мети неможливо без комп'ютерних засобів підготовки і контролю знань і навиків управління, і зокрема тренажерів, які орієнтовані на імітацію і контроль робочої діяльності персоналу.

На рис. 1 представлені засоби підготовки персоналу енергетичної галузі України.

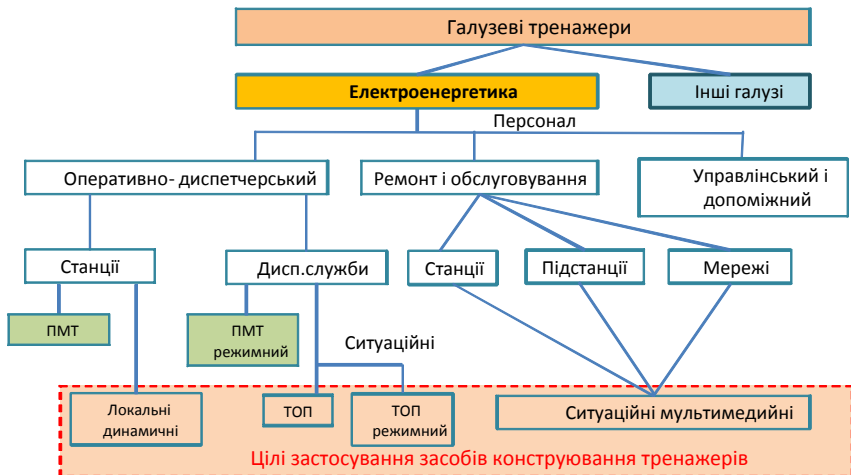


Рис. 1. Засоби галузевої підготовки персоналу

На рис. 1 ПМТ – повномасштабний тренажер, ТОП – тренажер оперативних переключень.

Системи підготовки спеціалістів – це структури сценарного типу, які орієнтовані на процеси, котрі організують взаємодію учасників один з одним і з об'єктом.

Ці системи являють собою причино-наслідкові структури і для них розглядаються сценарії навчання, які реалізуються в присутності інструктора, добре обізнаного з об'єктом (або функції інструктора перекладені на комп'ютер в автоматичному режимі).

Тренажери можуть бути статичними і динамічними. Статичні причинно-наслідкові структури включають в собі роз'єднувачі, вимикачі, лінії зв'язку та інші. До статичних структур, наприклад, відноситься тренажер оперативних перемикачів (ТОП).

Динамічні структури відображають перехідні процеси в мережі і вміщують засувки, затримки та інші. Приклад динамічної структури – це тренажер перегрітого пару (ТПП).

На рис. 2 зображений порядок підготовки і підтримки рівня компетентності персоналу, який включає в собі базову освіту, навчання і тренаж навиків по управлінню об'єктом.



Рис. 2. Порядок підготовки і підтримки рівня компетентності персоналу

Значне місце при підготовці займають тренажерні системи.

На сьогоднішній день для відносно нечисленного оперативно-диспетчерського персоналу рівня блочних щитів управління АЕС або ТЕС такі тренажери створені і використовуються, не зважаючи на високу коштовність їх розробки, але їх немає (або дуже мало) для професій рівня диспетчерського і експлуатаційного персоналу розподільчих мереж, ремонтного та допоміжного персоналу розподільчих мереж, ремонтного і експлуатаційного персоналу ТЕС і АЕС.

Потреба в останніх значна, так як їх використання в галузі для підтримки компетентності працівників забезпечує належний рівень безпеки і безаварійної роботи енергетичних об'єктів, а кількість на ринку недостатня.

Предметом розглядання даної статті є локальні тренажери для підтримки і тестування навиків керування об'єктами та їх обладнанням для персоналу розподільчих систем рівня Обленерго (які являють собою аналог радіальних енергетичних мереж з напругою 100 кВт і нижче), а також інформаційні технології розробки такого класу тренажерів, які основані на сучасних інформаційних пакетах і орієнтовані на використання спеціалістами галузі добре обізнаними з технологічною стороною проблеми, без допомоги висококваліфікованих спеціалістів-програмістів. Такий підхід підвищить ефективність процесу проектування, скоротить час проектування і забезпечить широке розповсюдження тренажерів на енергетичних підприємствах за допомогою Internet-ресурсів.

Інформаційні технології побудови тренажерів, які використовувались раніш і на даний час, основані на розробці складних повномасштабних комп'ютерних і математичних моделей енергетичних об'єктів (мереж і енергоблоків). Моделі розробляються спеціалістами-програмістами разом з технологами, педагогами і психологами.

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 відобразити правильно в моделі всі ситуації, які можуть виникнути на об'єкті. Для розробки моделей використовуються мови програмування, складні і дорогі спеціально розроблені або універсальні редактори, що унеможливають залучення до процесу проектування спеціалістів галузі без допомоги висококваліфікованих спеціалістів-програмістів.

Після створення математичної моделі об'єкта і корекції на модель накладаються сценарії тренажерних завдань, учбово-педагогічне супроводження.

Такий метод розробки тренажерів отримав назву імітаційно-технологічний (рис. 3).

На рис. 3 технолог – досвідчений оператор, диспетчер.

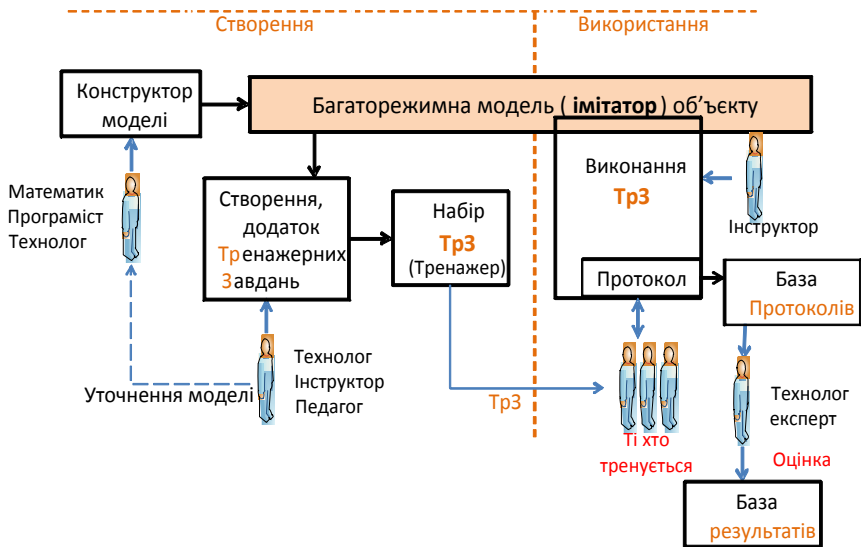


Рис. 3. Імітаційно-технологічний метод

В ШІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України запропонований цілком новий підхід розробки комп'ютерних засобів підтримки компетентності персоналу і комп'ютерні інформаційні технології підтримки цього процесу, які орієнтовані на спеціалістів галузі.

Для подальшого розглядання дамо визначення, що таке тренажер.

Тренажер – це набір тренажерних завдань (ТрЗ), який визначається організацією учбового процесу до компетенції того хто навчається.

Основа підходу, який запропонований, відмова від інформаційних технологій, які базуються на створенні повномасштабної математичної моделі об'єкту для тренажера і подальшого налаштування до такої моделі асортименту ТрЗ, який вимагається на даний момент. При реалізації нового підходу розробники відштовхуються не від загальної математичної моделі об'єкту, а від тренажерних завдань. Назва методу – сценарно-педагогічний. На рис. 4 схематично представлений сценарно-педагогічний метод.

На рис. 4:

СМС – сценарно-моделююча структура;

ПД – плани дій;

Технолог – досвідчений оператор, диспетчер.

Для кожного тренажерного завдання проектується локальна модель відображення діяльності по управлінню об'єктом в ситуаціях, які визначаються сценарієм ТрЗ і учбово-педагогічним супроводженням його підтримки.

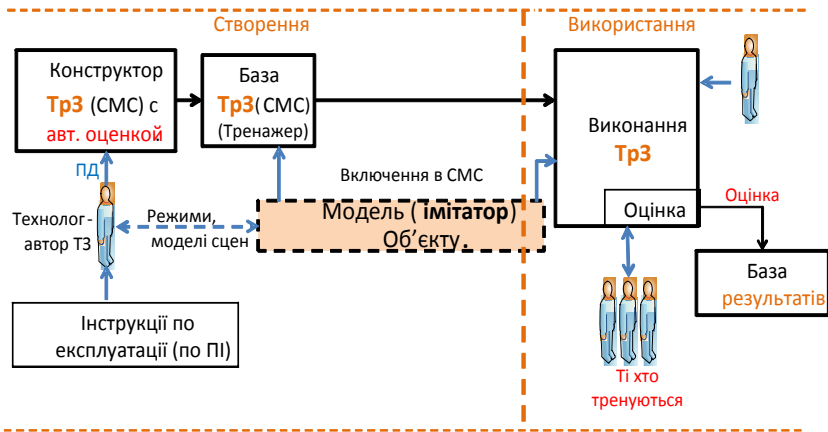


Рис. 4. Сценарно-педагогічний метод

При переході від імітаційно-технологічного підходу, використання якого потребує високопродуктивних засобів обчислювальної техніки, імітацію оперативних переговорів за допомогою інструктора, великих витрат для створення і використання моделі об'єкту та інше, до нового підходу реалізується можливість уникнути ці недоліки і реалізувати:

- використання офісних засобів обчислювальної техніки невеликої продуктивності;
- можливість автоматичного оцінювання виконання Тр3;
- сценарну імітацію оперативних перемов;
- простоту додавання нових Тр3;
- можливість дистанційного використання тренажера;
- можливість роботи з екземплярами Тр3 при комфортному часі відгуку моделей на дії того, хто тренується, по управлінню об'єктами та інше.

Базовий принцип побудови ситуаційних і динамічних тренажерів методом з урахуванням вимог до організації навчального процесу це:

- похідні документи для створення тренажерів – посадові інструкції (ПІ) фахівця по управлінню об'єктом;
- для кожного фахівця (з урахуванням вимог його ПІ) розробляються плани дій (ПД) по управлінню об'єктом в тій чи іншій ситуації;
- для виконання ПД здійснюється перехід до створення сценарно-моделюючої структури (СМС) для кожного Тр3, тобто моделі об'єкту, яка відтворює процеси, які мають місце при управлінні.

Для більшої наочності і легкості порозуміння між усіма учасниками проекту, а також легкого забезпечення в подальшому функціонування створеної СМС необхідна наявність графічної специфікації усіх складових розробки (планів дій, сценарно-моделюючої структури, інших).

При застосуванні сценарно-педагогічного методу більш легко

реалізувати процес автоматичного оцінювання учбової діяльності, що в свою чергу дозволяє дистанційно використовувати екземпляри тренажера.

Далі будуть детально розглянуті всі складові сценарно-педагогічного методу побудови тренажерів.

*Вимоги до тренажерних завдань*

Тренажерне завдання повинно:

- мати мету і опис початкового стану;
- відповідати посадовим інструкціям спеціалістів, які тренуються по експлуатації об'єкту;
- забезпечувати відображення робочого місця того хто тренується, а саме:
  - загальну обстановку робочих зон діяльності спеціалістів;
  - подобу елементів управління і відображення інформації при виконанні діяльності;
  - забезпечувати ефективну і допустиму діяльність, яка дозволяє досягнути мети ТрЗ;
  - забезпечувати комфортний, або реальний час відгуку на дії спеціалістів по управлінню об'єктом;
  - можливість оцінювати діяльність з урахуванням допустимого відхилення від ефективної діяльності;
  - наявність педагогічного супроводження процесу тренування;
  - можливість реагувати на критичні (катастрофічні) дії того хто тренується.

Технологічний ланцюг розробки тренажерного завдання можливо представити в укрупненому вигляді як послідовність блоків формування деяких складових технології (рис. 5).

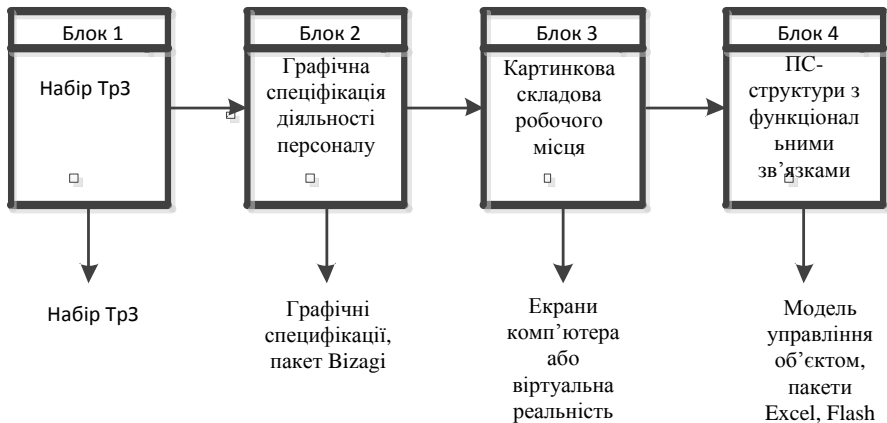


Рис. 5. Технологічний ланцюг розробки ТрЗ

В кожному з блоків визначаються початкові умови, мета, середовище виконання і кінцевий продукт.

Для складання набору ТрЗ (Блок 1) необхідно використати регламентуючі документи, які притаманні підприємству енергетичної галузі: інструкції по експлуатації, бланки перемикачів, описи діяльності при аваріях, планових ремонтах і інше.

Для кожного ТрЗ на основі цих документів визначаються початкові умови тренування, мета використання тренажерного завдання і алгоритм керування об'єктом для досягнення мети. Формування набору тренажерних завдань проводяться технологами, інструкторами, педагогами.

Вихідні дані Блоку 1 – набір тренажерних завдань.

Після визначення набору тренажерних завдань з метою удосконалення взаємодії всіх учасників проекту розробки, подальшої побудови моделі управління і її реалізації необхідно сформувавши графічну специфікацію усіх складових розробки тренажерного завдання для побудови графічної специфікації дій користувача ТрЗ по досягненню мети тренування.

*Вимоги до середовища конструювання:*

- локалізацію до російсько (українського)-мовного персоналу;
- візуалізацію блочного конструювання;
- розробку графічної специфікації моделей функціонування;
- неалгоритмічну реалізацію логіки додатку;
- модельне конструювання блоків користувача.

Далі буде приділена увага питанням вибору мови і нотації для побудови графічних специфікацій (моделей) діяльності персоналу по керуванню енергетичними об'єктами, а також новітнього пакету проектування як середовища реалізації нотації. (Береться до уваги те, що графічні специфікації інших складових систем підготовки також будуть реалізовані за допомогою обраного для побудови графічних специфікацій діяльності персоналу інструментарію). Графічна специфікація – це не просто засіб документування процесів, а модель, яка може бути виконана в середовищі її проектування [1].

Розглянемо такі основні мови:

- мова блок-схем;
- системи IDEF0 і IDEF3;
- пакет ARIS eEPC;
- UML та інші.

Але кожна з цих мов має недоліки.

Мова блок-схем, яка використовувалась багато років, починаючи з 90 років минулого століття, не має можливості описувати спілкування декількох учасників проекту різного рівня керування енергетичним об'єктом. Системи IDEF не дають змогу моделювати діяльність персоналу в ситуації так званого time-out, тобто коли з'являється затримка процесу (або на певний час, або до появи відповідної дії користувача). Система ARIS і її мова – це складна і

об'ємна методологія, яка не дозволяє легко проектувати графічні моделі із-за масиву графічних нотацій і правил їх використання.

Найбільш ефективною мовою є стандартизована мова UML. Методологія побудови графічних специфікацій для систем підготовки персоналу на базі цієї мови докладно розглянута в [1, 2].

Графічна модель на основі мови UML може бути створена і реалізована, наприклад, в пакетах Flash або Unity, але в них немає змоги без використання додаткових засобів програмування розробити екземпляри моделей для Web-сайтів.

Предметом подальшого розгляду є нотація BPMN (Business Process Modeling Notation) і питання її використання в сучасному мультимедійному пакеті візуального проектування для створення графічних специфікацій діяльності персоналу енергопідприємств.

Термін BPMN означає інформаційну технологію (розроблена компанією Object Management Group (OMG)), яка забезпечує генерацію моделі додатку безпосередньо з його графічної моделі і являє собою нотацію і методологію моделювання бізнес-процесів, також її можливо пристосувати для опису діяльності. Власні дії ДЦДС це складна дія, яка вміщує відомі наперед операції, котрі можуть бути виконані в довільній послідовності (наприклад, операції по зняттю невідповідності, вимиканню і контролю після зняття звукової сигналізації на ОІК підстанції) (блок 1, рис. 2).

BPMN 2.0 – це відкритий індустріальний стандарт, який затверджений загальним рішенням лідерів IT-ринку.

Нотація BPMN 2.0 призначена для опису:

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

Переваги нотації BPMN 2.0:

- можливість описувати дії без програмування, що дає змогу технологам енергопідприємств виконувати опис без участі програмістів;
- 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 додатку та інші.

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

Побудова графічних моделей реалізується за допомогою візуальних діаграм нотації (докладніше [1]).



Для побудови графічної специфікації діяльності персоналу вибрано пакет Bizagi (безкоштовний), який є одним із лідерів ринку систем BPMN (Business Process Management Suit) і орієнтований не тільки на потреби бізнесу, але і на потреби автоматизації [5].

В Bizagi моделювання процесів і Web-форм проводиться паралельно і синхронно в візуальному середовищі і може підтримати тисячі користувачів в Internet-мережі. Крім того інтерфейс користувача Bizagi Modeler зручний до розробника і русифікований.

Використання нотації BPMN в пакеті Bizagi Modeler для побудови графічних специфікацій дій персоналу енергопідприємств розглянуто на прикладі специфікації дій диспетчера центральної диспетчерської служби (ДЦДС) при ліквідації аварії, при якій на підстанції виникло аварійне вимкнення трансформатора [1].

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.

### **Висновки**

Використання сценарно-педагогічного методу побудови тренажерів для підготовки спеціалістів галузі керування енергетичними об'єктами та їх обладнанням і реалізація графічних специфікацій дій персоналу нотаціями BPMN 2.0 в середовищі сучасного мультимедійного пакету Bizagi Modeler забезпечує ефективне проектування тренажерних систем, скорочує час проектування, дає змогу широкого їх розповсюдження на енергетичних підприємствах за допомогою Internet-ресурсів, забезпечує можливість залучення до проектування широке коло фахівців галузі без допомоги кваліфікованих програмістів.

Пакет можливо використати в якості базового для реалізації конструктора побудови тренажерів.

1. Бальва А.О., Самойлов В.Д., Абрамович Р.П. До вибору графічної специфікації діяльності персоналу енергопідприємств // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ПІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Вип. 85. – К.: 2018. – С.45-52.
2. Абрамович Р.П., Бальва А.О., Самойлов В.Д. Інтегрована технологія проектування комп'ютерних засобів сценарного типу підготовки фахівців енергопідприємств // Электронное моделирование. – 2018. – Т. 40, № 2. – С.27-42.
3. Самойлов В.Д., Бальва А.О. Максименко О.О. Структура и технология построения графической модели приложения сценарного типа / Збірник наукових праць ПІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. К.: 2013. – Вип. 68. – С.3-11.
4. Федоров И.Г. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN2.0: Монография, Москва, 2013, МЭСИ-255 с.

**<http://doi.org/10.5281/zenodo.3860744>**

*Поступила 2.09.2019р.*