

УДК 004.4'2

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2024-2-6>

Євген Олександрович ЗАЙЦЕВ,

доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ORCID ID: [0000-0003-3303-471X](https://orcid.org/0000-0003-3303-471X)

Сергій Миколайович КОВАЛЕНКО,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет
імені академіка Юрія Бугая»
ORCID ID: [0000-0002-8315-1589](https://orcid.org/0000-0002-8315-1589)

Вікторія Олександрівна БЕРЕЗНИЧЕНКО,

доктор філософії з технічних наук, науковий співробітник,
Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ORCID ID: [0000-0002-9961-1703](https://orcid.org/0000-0002-9961-1703)

Олена Леонідівна СИДОРЧУК,

провідний інженер,
Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ORCID ID: [0000-0001-7164-8056](https://orcid.org/0000-0001-7164-8056)

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ, ВПРОВАДЖЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ТА РОЗВИТКУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Стаття присвячена дослідженню процесів створення, впровадження та вдосконалення програмного забезпечення інформаційних систем підприємств критичної інфраструктури. У роботі розглянуто еволюцію систем управління підприємствами від MRP-систем до сучасних ERP-рішень, а також подальший розвиток концепцій CRM, SCM та CSRP. Основну увагу приділено огляду моделей життєвого циклу програмного забезпечення, включаючи каскадну, ітераційну та спіральну, із зазначенням їх переваг і недоліків, а також аналізу особливостей життєвого циклу програмного забезпечення інформаційних систем підприємств критичної інфраструктури.

Наголошується на ключових принципах створення програмного забезпечення інформаційних систем, зокрема, системності, економічної доцільності, гнучкості, безпеки, універсальності та еволюції. Підкреслюється важливість використання модульного підходу для забезпечення ефективності та гнучкості програмного забезпечення, а також його адаптації до потреб підприємства.

У результаті досліджень була запропонована пріоритетна модель та деталізована структура життєвого циклу програмного забезпечення інформаційних систем підприємств критичної інфраструктури, використання яких дозволить удосконалити процедури розробки, тестування, впровадження та розвитку таких продуктів.

Ключові слова: інформаційні системи, програмне забезпечення, ERP-системи, CRM-системи, CSRP, життєвий цикл ПЗ, критична інфраструктура.

Ievgen ZAITSEV,

Doctor of Technical Sciences, senior researcher,
Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Serhii KOVALENKO,

PhD in Physical and Mathematical Sciences, associate professor
Higher Education Institution «Academician Yuriy Bugay International
Scientific and Technical University»

Victoria BEREZNYCHENKO,

PhD in Technical Sciences, researcher
Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Olena SYDORCHUK,

Lead engineer,
Institute of Electrodynamics of the National Academy
of Sciences of Ukraine

FEATURES OF CREATION, IMPLEMENTATION AND USE AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEMS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE ENTERPRISES

The article is dedicated to the study of the processes involved in the creation, implementation, and improvement of software for information systems in critical infrastructure enterprises. The paper examines the evolution of enterprise management systems from MRP systems to modern ERP solutions, as well as the further development of CRM, SCM, and CSRP concepts. Particular attention is given to an overview of software lifecycle models, including the waterfall, iterative, and spiral models, with an emphasis on their advantages and disadvantages. The specific characteristics of the software lifecycle for information systems in critical infrastructure enterprises are also analyzed.

The article highlights the key principles of software development for information systems, including systematization, economic feasibility, flexibility, security, universality, and evolution. The importance of employing

a modular approach to ensure the efficiency and adaptability of software to meet enterprise needs is emphasized.

As a result of the research, a prioritized model and a detailed structure for the software lifecycle of information systems for critical infrastructure enterprises were proposed. The adoption of these approaches aims to improve the procedures for developing, testing, implementing, and evolving such products.

Keywords: software, ERP systems, CRM systems, CSRP, information systems, software life cycle, critical infrastructure

Постановка проблеми. На сьогоднішній день розробка та вдосконалення програмного забезпечення (ПЗ) для інформаційних систем підприємств набуває особливого значення, оскільки це дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи підприємства. Ключовими параметрами ПЗ для підприємств критичної інфраструктури, які потребують особливо високого рівня забезпечення, є надійність та безпека. Тому процедури розробки, впровадження та удосконалення спеціалізованого ПЗ для таких підприємств потребують комплексного підходу, що ґрунтується на поєднанні інноваційних технологій моделювання технологічних та бізнес-процесів, кіберзахисту, управлінських рішень, який дозволить не лише підвищити ефективність роботи підприємства, а й забезпечити високу стійкість до зовнішніх негативних впливів. У цьому разі доцільно деталізувати життєвий цикл проектів створення ПЗ для інформаційних систем підприємств критичної інфраструктури у сенсі виокремлення робіт, пов'язаних із забезпечення надійності та захищеності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історія розвитку технологій управління підприємствами включає багато важливих етапів, починаючи від діаграм Ганта, створених у XIX столітті, і до сучасних інформаційних систем управління. В українських реаліях особливої актуальності набули такі концепції інформаційних систем, як MRP II та ERP, які стали глобальними стандартами.

Сучасні комп'ютерні інформаційні системи підприємств еволюціонували з систем планування матеріальних потреб (MRP), що з'явилися у кінці 1960-х — на початку 1970-х років. MRP-системи представляють собою програмне забезпечення, що реалізує алгоритми планування матеріальних ресурсів відповідно до методології MRP. Ці системи дозволяють планувати закупівлі та виробництво компонентів кінцевого продукту, оцінювати матеріальні запаси з урахуванням незавершеного виробництва та прогнозувати продажі.

Згодом стало зрозуміло, що для ефективного управління підприємством необхідна інтеграція всіх виробничих підрозділів. Це привело до появи MRP II (Manufacturing Resource Planning) — системи планування виробничих ресурсів, яка включає не лише функції MRP, але й автоматизоване проектування, управління технологічними процесами, імітаційне моделювання та інші можливості. Концепція MRP II базується на інтеграції всіх аспектів планування та управління підприємством в одну систему з єдиною базою даних [4].

Подальший розвиток MRP II привів до створення ERP (Enterprise Resource Planning) — системи планування ресурсів підприємства, яка інтегрує всі бізнес-процеси підприємства, включаючи фінансову звітність, управління персоналом, виробництво та логістику, в єдину систему. ERP-системи забезпечують єдине сховище даних, що дозволяє уникнути дублювання інформації та забезпечує доступ до неї для всіх працівників з відповідними повноваженнями.

ERP-системи поділяються на три основні компоненти: формування основного плану на основі замовлень клієнтів і прогнозу попиту, планування потреб у ресурсах, а також оперативне управління виробничими процесами. Зростаюча важливість інтеграції покупців у бізнес-процеси підприємства привела до появи CSRP (Customer Synchronized Resource Planning) — моделі, що враховує не лише виробничі й матеріальні ресурси, але й ресурси, що використовуються для задоволення потреб клієнтів.

Впровадження ERP-систем (Enterprise Resource Planning) на підприємствах критичної інфраструктури є важливим кроком для підвищення ефективності та оптимізації бізнес-процесів. ERP-системи інтегрують різні функціональні області підприємства, такі як фінанси, виробництво, логістика та управління персоналом, у єдину інформаційну платформу, що сприяє покращенню координації та прийняття рішень [1].

Окрім ERP, підприємства критичної інфраструктури активно впроваджують SCM-системи (Supply Chain Management) для управління ланцюгами постачання та CRM-системи (Customer Relationship Management) для покращення взаємодії з клієнтами. Ці системи дозволяють автоматизувати процеси, пов'язані з постачальниками та клієнтами, забезпечуючи більш ефективне управління ресурсами та підвищуючи загальну продуктивність підприємства [2].

В Україні ринок ERP-систем розвивається вже понад 30 років, проте все ще відстає від західних країн. Зокрема, багато підприємств використовують застарілі системи або російське програмне забезпечення, що потребує заміни на сучасні та більш безпечні рішення. Очі-

кується, що найближчим часом український ринок ERP зазнає кардинальних змін, спрямованих на впровадження новітніх технологій та підвищення конкурентоспроможності підприємств [3].

Прикладом успішного впровадження ERP-системи є компанія KNESS, яка використовує платформу IT-Enterprise для комплексного управління процесами з акцентом на управління проектами, фінансами та розширене управління продажами і CRM. Це дозволяє компанії ефективно планувати та контролювати маркетингові активності, взаємодіяти з клієнтами через різні канали комунікації та автоматизувати бізнес-процеси продажів [4, 5].

Загалом, інтеграція ERP, SCM та CRM-систем на підприємствах критичної інфраструктури сприяє підвищенню ефективності операційної діяльності, покращенню взаємодії з постачальниками та клієнтами, а також забезпеченню більшої прозорості та контрольованості бізнес-процесів. Це, своєю чергою, підвищує стійкість підприємств до зовнішніх негативних впливів та їхню здатність адаптуватися до змін у ринковому середовищі.

Метою даної роботи є огляд сучасних принципів створення, впровадження і використання ПЗ, а також удосконалення процедур створення ПЗ для інформаційних систем (ІС) підприємств критичної інфраструктури.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процес створення, впровадження та експлуатації програмного забезпечення, включаючи ПЗ для ІС підприємств критичної інфраструктури, характеризується низкою етапів, які мають свої особливості та суттєві відмінності від процесів розробки інших видів продуктів. Основні аспекти, що визначають специфіку ПЗ як кінцевого продукту, можна узагальнити за такими пунктами [6, 7]:

1. Інтелектуальна природа продукту. ПЗ є нематеріальним продуктом людської діяльності, створення якого базується на інтелектуальних і логічних принципах. На відміну від фізичних товарів, його розробка підпорядковується не фізичним закономірностям, а обмеженням, що випливають із людських можливостей та логіки.

2. Динамічність технічних вимог. Технічні вимоги до ПЗ можуть бути стабільними на початковому етапі, однак у процесі розробки вони часто змінюються. Застарілі вимоги можуть втратити актуальність, залишившись нереалізованими, а нові вимоги можуть з'являтися як наслідок уточнення початкових завдань.

3. Різномірність продуктивності праці. Рівень продуктивності праці при створенні ПЗ може суттєво варіюватися. Найбільші відхи-

лення спостерігаються на рівні окремих розробників, тоді як у творчих колективах ці коливання менш виражені.

4. Походження дефектів. Основним джерелом дефектів ПЗ є людські помилки, а також низька якість чи відсутність належної документації.

5. Критерії оцінки цінності. На відміну від фізичних продуктів, цінність ПЗ визначається не лише технічними характеристиками, але й рівнем його інтерактивної функціональності та зручності використання.

6. Економічні аспекти якості. Якість ПЗ багато в чому залежить від узгодження вимог до його функціоналу та відповідності апаратній частині системи. Ці процеси часто є критичними для забезпечення ефективності інформаційних систем.

7. Формування вартості. Ціна ПЗ значною мірою обумовлена витратами на його створення, впровадження та підтримку, а не лише відповідністю початковим вимогам.

8. Низька вартість тиражування. Виготовлення копій ПЗ є значно дешевшим, ніж створення нового продукту, оскільки всі копії, як правило, мають однакову якість, і процес тиражування не потребує суттєвих додаткових витрат.

9. Методи оцінки підтримки. Витрати на підтримку ПЗ визначаються за підходами, що суттєво відрізняються від методів оцінки товарів чи послуг. Це пов'язано з тим, що ПЗ є нематеріальним активом, який не підлягає капіталізації або амортизації в класичному розумінні.

10. Специфіка витрат впродовж життєвого циклу ПЗ. Значна частина загальних витрат припадає на тестування, впровадження та подальшу підтримку ПЗ.

З огляду на специфіку ПЗ ІС підприємств критичної інфраструктури, доцільно розглядати завдання його створення та розвитку для інформаційного забезпечення підприємств крізь призму особливостей життєвого циклу ПЗ.

Такий підхід дозволяє врахувати всі ключові етапи – від розробки та тестування до впровадження і підтримки, забезпечуючи цілісність і ефективність інформаційних систем підприємства.

Програмне забезпечення в сучасній ІС підприємства відіграє ключову роль протягом усього періоду існування підприємства, незалежно від рівня автоматизації його бізнес-процесів. Це пояснюється тим, що операції зі збору, перевірки, обробки, передачі та зберігання інформації є невід'ємною частиною будь-якої діяльності підприєм-

ства. Період, що охоплює створення програмного забезпечення, необхідного для забезпечення коректного й повноцінного функціонування інформаційної системи підприємства, і завершується повною відмовою від його використання, визначається як життєвий цикл програмного забезпечення інформаційної системи підприємства.

Існує кілька підходів до визначення життєвого циклу програмного забезпечення (ПЗ) інформаційної системи підприємства, які базуються на ключових етапах його створення, впровадження та експлуатації. Основними складовими цього процесу є:

- вивчення господарської діяльності підприємства (аналіз особливостей бізнес-процесів підприємства, які визначають вимоги до інформаційної системи, є відправною точкою для розробки ПЗ);
- проектування ПЗ (розробка проекту програмного забезпечення, який враховує вимоги замовника особливо із забезпечення надійності та безпеки, та узгодження технічного завдання для забезпечення повного розуміння функціональних і технічних аспектів майбутнього продукту);
- впровадження, супровід і вдосконалення ПЗ (ці етапи охоплюють інтеграцію ПЗ в інформаційну систему підприємства, забезпечення його безперебійного функціонування, а також внесення змін і оновлень для підтримки актуальності програмного продукту).

Основними етапами життєвого циклу ПЗ інформаційної системи підприємства є (рис. 1):

- початковий етап (включає дослідження господарської діяльності підприємства та визначення вимог до ПЗ);
- етап проектування (формування архітектури ПЗ, деталізація його функціональних модулів і технічних характеристик, особливо з точки зору забезпечення надійності функціонування та безпеки інформаційного обміну);
- етап створення прототипу та його тестування (розробка прототипу ПЗ для перевірки його відповідності поставленим вимогам і усунення можливих недоліків на ранніх етапах, тестування надійності функціонування та безпеки інформаційного обміну);
- етап експлуатації (передбачає впровадження ПЗ в робочі процеси підприємства, його технічний супровід, оновлення та розвиток для адаптації до змін у бізнес-процесах, підтриман-

- ня оновлення протоколів безпеки інформаційного обміну);
- заключний етап (завершується ліквідацією ПЗ або відмовою від його використання у зв'язку із застарілістю чи переходом на нові системи).

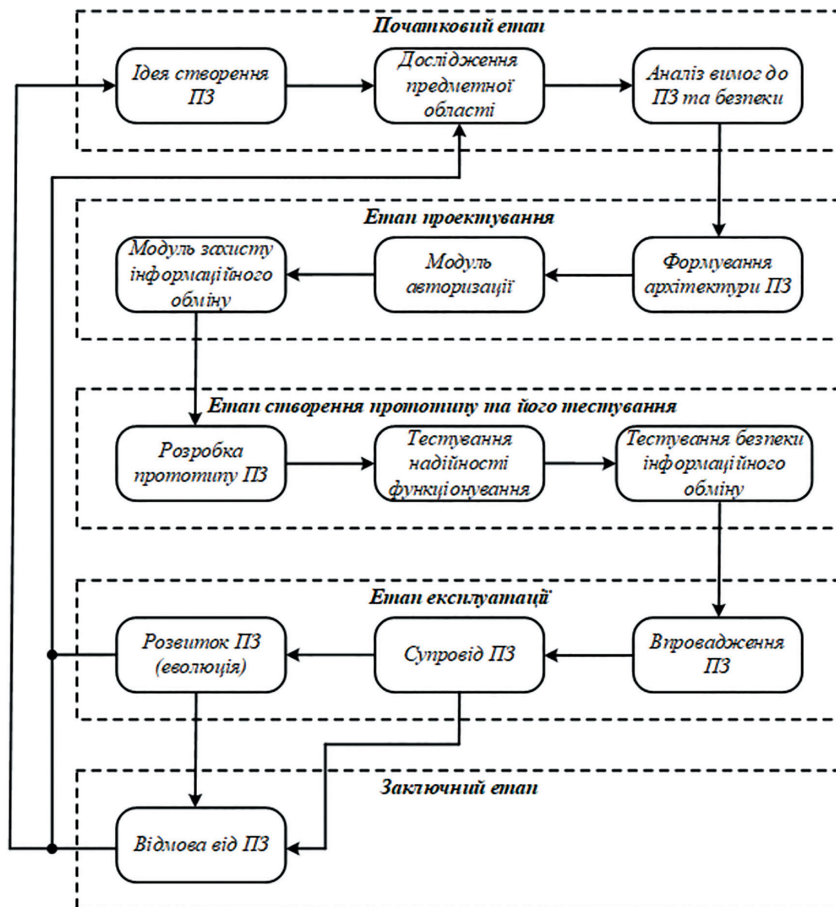


Рис. 1. Деталізована структура життєвого циклу програмного забезпечення інформаційної системи підприємства критичної інфраструктури

Джерело: Розроблено авторами на основі [1, 8]

У наведеній на рис.1 структурі життєвого циклу ПЗ ІС підприємства критичної інфраструктури авторами запропоновано виокремити на окремих етапах підетапи, що стосуються забезпечення надійності функціонування системи та безпеки інформаційного обміну.

Наявність ПЗ в ІС підприємства безпосередньо залежить від виду діяльності підприємства, яке формує і впроваджує початкові, не завжди досконалі вимоги до ПЗ. Ці вимоги, за наявності зацікавлених сторін, стають основою для створення конкретного ПЗ і його інтеграції в ІС підприємства. У процесі використання ПЗ часто виникає потреба у його вдосконаленні чи модифікації, зумовленій змінами у бізнес-процесах підприємства та/або протоколах забезпечення безпеки інформаційного обміну. Для цього можуть проводитися додаткові дослідження діяльності, оновлення існуючого проекту ПЗ, його реалізація і повторне впровадження, що створює новий цикл експлуатації ІС.

Експлуатація ПЗ зазвичай забезпечується як працівниками підприємства, так і сторонніми спеціалістами, які відповідають за безпечну та коректну роботу системи. Коли обслуговування стає надто складним або фінансово не вигідним, виникає необхідність удосконалення системи. Це призводить до нового етапу розробки, який включає реалізацію змін і повторне впровадження.

У разі надмірних витрат на обслуговування або оновлення підприємство може ухвалити рішення про відмову від використання ПЗ. Це, своєю чергою, може спонукати до розробки нової версії ПЗ або створення принципово нового продукту, оскільки без відповідного ПЗ інформаційна система підприємства не може функціонувати.

Остаточне припинення діяльності підприємства автоматично означає припинення існування його програмного забезпечення.

Розглянемо детальніше основні етапи життєвого циклу, характерні для будь-якого ПЗ ІС підприємства.

1. Початковий етап створення ПЗ. Цей етап є ключовим для визначення вимог і підготовки до розробки програмного забезпечення. Він охоплює:

- обґрунтування, розробку та узгодження технічного завдання (технічне завдання узгоджується між замовником (організацією, підприємством, відомством) і виконавцем (фірмою-розробником або виробником ПЗ). Воно формується на основі функціональних можливостей аналогічного ПЗ, яке вже пройшло випробування та успішно експлуатується);
- відображення ключових характеристик у технічному завданні (документі зазначаються всі етапи життєвого циклу, основ-

ні параметри ПЗ, часові інтервали для проектування, тестування, експлуатації, а також характеристики надійності й інші важливі аспекти);

- формування часових графіків і планування ресурсів (створюється детальний графік розробки ПЗ, визначається кількість розробників, їхній рівень кваліфікації, необхідні ресурси (технічні засоби, обладнання) та обсяг фінансування);
- визначення потенційних характеристик ПЗ (за допомогою методів теорії систем оцінюються потенційно досяжні характеристики ПЗ, беручи до уваги умови його експлуатації та виконання заданих функцій).

Іншими словами, на початковому етапі формується повний план створення ПЗ, його структура, функціональність та вимоги, що стають основою для подальших етапів життєвого циклу. Усе це дозволяє максимально ефективно організувати процес розробки, враховуючи як технічні, так і організаційні аспекти (схема наведена на рис. 2).

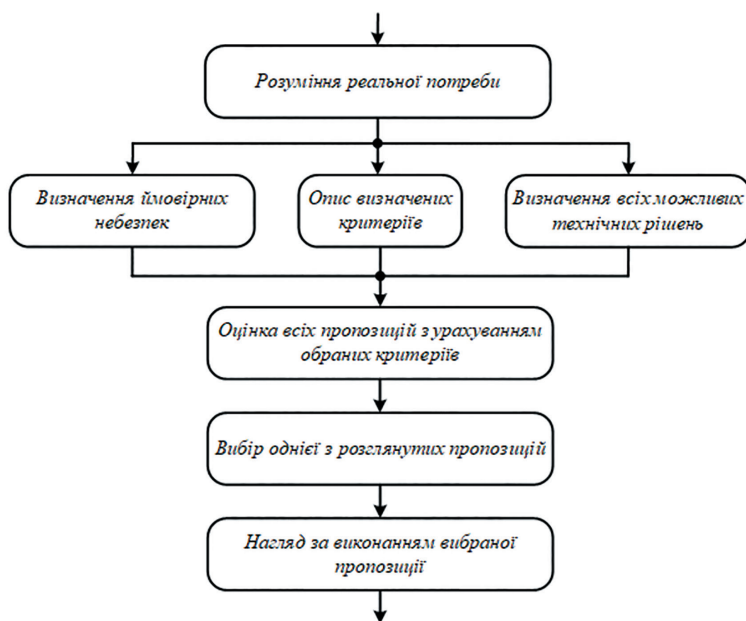


Рис. 2. Схема функціональних та технічних характеристик ПЗ та їх взаємодії

Джерело: Розроблено авторами на основі [1, 8]

2. Етап проектування характеризується виконанням значного обсягу теоретичних, проектних і тестових досліджень, спрямованих на обґрунтування структури ПЗ ІС, а також розробку конструкторської, технологічної та технічної документації для його реалізації в сучасній апаратно-програмній ІС підприємства.

На цьому етапі повністю використовуються математичні методи, що лежать в основі створення ПЗ інформаційної системи. Застосовуються основні принципи та методи різних наук, зокрема економіки, математики, менеджменту та технічних дисциплін, а також новітні досягнення в цих галузях.

Під час проектування створюються математичні та проектні моделі ПЗ, вирішуються завдання, пов'язані з функціонуванням окремих модулів ПЗ та його інтеграцією в загальну систему для виконання визначених функцій. На основі результатів моделювання обґрунтовується оптимальна структура ПЗ інформаційної системи.

У цьому процесі використовуються апріорні знання про майбутнє ПЗ, визначаються його розрахункові характеристики, а також оцінюється надійність. Важливо зазначити, що інформаційне забезпечення цього етапу сприяє:

- підвищенню якості розробки технічної та конструкторської документації завдяки мінімізації помилок у процесі проектування;
- скороченню термінів створення документації через застосування сучасних автоматизованих інформаційних технологій проектування;
- розробці документації для створення модулів ПЗ на сучасному рівні.

Крім того, у межах цього етапу розробляються тести для перевірки модулів, підсистем і загального ПЗ інформаційної системи з метою підготовки до створення його прототипу.

3. Етап створення та тестування прототипу програмного забезпечення (ПЗ) полягає у розробці початкових робочих зразків модулів і підсистем ПЗ з подальшою їх перевіркою. Цей етап використовує попередньо підготовлену технічну документацію та охоплює такі ключові дії, як:

- організацію процесу розробки прототипів модулів і підсистем ПЗ, враховуючи специфікації та вимоги до їх функціональності;
- проведення контролю взаємодії між окремими компонентами та їх тестування для виявлення помилок і перевірки сумісності;

- виконання планів тестування, підготовлених на попередньому етапі, з метою отримання фактичних параметрів і характеристик роботи ПЗ, його модулів і підсистем;
- застосування статистичних методів обробки отриманих результатів тестування для оцінки ефективності та відповідності заданим вимогам;
- аналіз отриманих характеристик у порівнянні з початковими вимогами, викладеними в технічному завданні, із подальшим внесенням змін до проєктної документації, щоб усунути виявлені розбіжності.

На основі результатів проведеної роботи на цьому етапі уточнюється та допрацьовується вся супровідна документація, включно з проєктними та конструкторськими матеріалами, що забезпечує основу для подальшої розробки та вдосконалення ПЗ.

4. Етап створення зразка ПЗ, його сертифікація та передача в експлуатацію. Цей етап життєвого циклу ПЗ інформаційної системи передбачає виконання таких завдань:

- підготовку до створення фінальної версії ПЗ (реалізується на основі скоригованого технічного завдання (ТЗ), розробленого на етапах проєктування, виготовлення та тестування, готується фінальна версія ПЗ з визначеними характеристиками);
- налагодження та перевірка модулів. Під час розробки комерційного зразка застосовується методика, створена на етапі проєктування, для налаштування та тестування модулів і підсистем з метою забезпечення виконання їхніх функцій;
- випробування зразка. Комерційний зразок ПЗ проходить перевірку у складі діючої інформаційної системи. Тестування здійснюється у штатному режимі, щоб підтвердити виконання всіх функцій, визначених ТЗ.

5. Етап експлуатації є найбільш тривалим періодом у життєвому циклі ПЗ інформаційної системи. Він охоплює реалізацію наступних операцій:

- транспортування, налаштування та запуск (здійснюється доставка ПЗ до користувача, його інсталяція та введення в експлуатацію у складі діючої інформаційної системи відповідно до встановлених вимог);
- поточний моніторинг роботи ПЗ (забезпечується регулярний регулярний аналіз і контроль функціонування ПЗ у межах інформаційної системи для забезпечення відповідності його роботи технічному завданню (ТЗ));

- реалізація нових алгоритмів моніторингу (застосовуються розроблені на етапі проектування методики для створення довгострокових підсистем моніторингу, що дозволяють оцінювати та прогнозувати показники надійності роботи ПЗ);
- супровід і розвиток системи (впроваджуються підходи до технічного обслуговування та вдосконалення системи, розроблені на попередніх етапах. Це забезпечує актуальність і ефективність її роботи);
- оптимізація компонентів (виконується коригування математичних моделей, алгоритмів і окремих модулів ПЗ. На основі отриманих даних формуються рекомендації щодо подальшого розвитку ПЗ і самої системи для підвищення її продуктивності);
- розширення функціональних можливостей ПЗ (розробляються та реалізуються рекомендації, спрямовані на вдосконалення функціоналу ПЗ та підвищення ефективності інформаційної системи в цілому).

Ці етапи забезпечують довготривалу та стабільну роботу ПЗ, його підготовку, впровадження, його адаптації до нових потреб і умов експлуатації.

6. Заключний етап життєвого циклу системи є найбільш наукомістким етапом у життєвому циклі ПЗ інформаційної системи. Він включає такі ключові процеси:

- формування перспектив модернізації (збираються та аналізуються дані щодо можливостей глибокого оновлення ПЗ інформаційної системи, що може включати покращення існуючих функцій або адаптацію до нових технологій та умов);
- розробка нового ПЗ (використання окремих компонентів або підсистем діючого ПЗ для створення нового програмного забезпечення, яке може бути впроваджене в поточну інформаційну систему);
- припинення існування системи (у випадку припинення діяльності підприємства або невідповідності системи новим вимогам виконується зняття з експлуатації та припинення функціонування ПЗ як інтелектуального продукту);
- утилізація застарілого ПЗ (здійснюються роботи з виведення з обігу ПЗ, яке вичерпало свій технічний ресурс або морально застаріло через зміни у внутрішньому чи зовнішньому середовищі підприємства. Це включає видалення даних, знищення програмних компонентів або передачу технологій для вторинного використання).

Цей етап забезпечує належне завершення життєвого циклу ПЗ, оптимізує використання ресурсів і формує основу для розробки нових рішень або виведення системи з експлуатації.

Залежно від ступеня структурних змін і підходів до організації процесу розробки програмного забезпечення (ПЗ) інформаційної системи підприємства, можуть використовувати кілька основних моделей життєвого циклу. Жодна з наведених далі моделей не є універсальною, оскільки кожна з них має свої обмеження і застосовність залежно від специфіки проєкту. Вибір моделі завжди має базуватися на ретельному аналізі потреб, особливостей розробки та ресурсів, які можуть бути виділені [3].

Каскадна модель передбачає строго послідовне виконання етапів, де перехід до наступного можливий лише після завершення попереднього. Такий підхід забезпечує чіткість і контроль над процесом, однак унеможлиблює гнучке внесення змін. Це особливо критично в умовах, коли вимоги до системи змінюються, адже повернення до попередніх етапів потребує значних витрат часу та ресурсів. У результаті, каскадна модель виявляється неефективною для динамічних проєктів із високим рівнем невизначеності.

Ітераційна модель має на меті подолання цих недоліків шляхом запровадження циклів зворотного зв'язку між етапами. Це дозволяє коригувати результати вже на проміжних етапах, що зменшує ризик помилок і непередбачених змін на пізніх стадіях. Однак така гнучкість має свою ціну: час розробки кожного етапу подовжується, оскільки перевірки, уточнення й внесення змін потребують додаткових ресурсів. Ітераційна модель також не завжди виправдовує себе у проєктах з обмеженими термінами чи бюджетом, адже її ефективність залежить від ретельного планування і точності проміжного контролю.

Спіральна модель, у свою чергу, поєднує елементи каскадної та ітераційної моделей, додаючи до них аналіз ризиків і прототипування. Цей підхід дозволяє на кожному витку уточнювати цілі проєкту, перевіряти технічні рішення через створення прототипів і коригувати план наступних етапів. Утім, складність і значні витрати часу та ресурсів роблять цю модель непридатною для невеликих чи простих систем. Її основна перевага – адаптивність і можливість глибокого аналізу, однак вона підходить лише для масштабних і довгострокових проєктів із високою невизначеністю, зокрема і для проєктів створення ПЗ ІС підприємств критичної інфраструктури.

У процесі розробки та вдосконалення ПЗ інформаційної системи підприємства можуть застосовуватися різноманітні підходи, які ґрунтуються на врахуванні таких аспектів.

1. Зміни, внесені до організаційної структури підприємства:

- підходи, які зберігають поточну організаційну структуру підприємства, орієнтуючись на адаптацію ПЗ до існуючих процесів без суттєвих змін у їхній побудові;
- підходи, що передбачають трансформацію існуючої організаційної структури з метою її оптимізації та підвищення ефективності роботи підприємства.

2. Характер змін, які вносяться до ПЗ інформаційної системи підприємства:

- галузеві підходи, спрямовані на вдосконалення окремих елементів облікових процесів, які забезпечують локальні покращення виконання операцій;
- комплексні підходи, що мають на меті глобальне вдосконалення інформаційної системи підприємства. При цьому застосовується модульна концепція, де система розділяється на окремі функціональні модулі, кожен із яких вирішує визначене коло завдань. Згодом ці модулі інтегруються у цілісну систему, що забезпечує якісний розвиток ПЗ та підвищує гнучкість його використання.

3. Методи реалізації удосконалення ПЗ інформаційної системи підприємства:

- удосконалення силами внутрішніх спеціалістів підприємства, що забезпечує високий рівень адаптації ПЗ до конкретних потреб організації;
- використання готових стандартизованих рішень, які дозволяють швидко інтегрувати нові функціональні можливості, зменшуючи витрати на розробку;
- замовлення індивідуального ПЗ, створеного спеціально для потреб підприємства, що дає змогу врахувати всі специфічні вимоги й забезпечити максимальну відповідність бізнес-процесам організації.

Отже процес створення, впровадження, використання та розвитку ПЗ систем підприємств критичної інфраструктури є складним і багатограним процесом, який вимагає врахування різних принципів. Це дозволяє створити ПЗ, що відповідає потребам підприємства, забезпечує високу ефективність, стійкість його роботи та захищеність,

а також можливість розвитку в майбутньому. Основними принципами, яких слід дотримуватися при проектуванні ПЗ для інформаційних систем, є:

- принцип системності, який полягає в тому, що проектування ПЗ повинно базуватися на системному підході, який враховує всі аспекти функціонування підприємства на основі аналізу предметної області, в якій працюватиме ПЗ (дозволяє виявити основні взаємозв'язки, визначити загальні цілі, критерії та потреби, які має задовольняти ПЗ), а також забезпечення можливості інтеграції ПЗ з іншими компонентами інформаційної системи для забезпечення цілісності та узгодженості її роботи;
- економічної доцільності є одним із ключових аспектів проектування ПЗ та передбачає обґрунтування економічної вигоди від створення та впровадження ПЗ, опис очікуваних переваги (підвищення продуктивності, зменшення витрат або скорочення часу виконання операцій), які мають перевищувати витрати на розробку, впровадження та супровід ПЗ, що у свою чергу дозволяє забезпечити ефективне використання ресурсів підприємства на якому використовується ПЗ;
- принцип гнучкості полягає в тому, що ПЗ повинно мати достатній рівень адаптивності для швидкого реагування на зміни умов роботи, вимог законодавства або ринкового середовища, що може бути забезпечено наприклад використанням модульної структури ПЗ, яка дозволяє вносити зміни в окремі компоненти системи без порушення її загальної функціональності;
- принцип контролю і тестування базується на тому, що на кожному етапі розробки необхідно здійснювати контроль якості та проводити тестування системи (включає перевірку окремих модулів, підсистем і системи в цілому для виявлення помилок і їх усунення), що дозволяє забезпечити відповідність функціональності ПЗ технічному завданню та гарантувати його надійну роботу;
- принцип захисту і безпеки даних, дотримання якого є критично важливим аспектом для будь-якої інформаційної системи підприємств критичної інфраструктури, полягає в забезпеченні:
 - а) авторизації доступу (розподіл прав доступу до даних і функцій системи між користувачами);

б) шифруванні даних (захист інформації під час її передачі та зберігання);

в) моніторингу активності (ведення журналу дій користувачів для контролю доступу до системи);

г) резервного копіювання (регулярне створення резервних копій для збереження даних у разі збоїв або втрат);

- принцип сумісності полягає в тому, що слід враховувати особливості організаційної структури підприємства, людський фактор, а також вже наявне апаратно-програмне забезпечення, що дозволяє забезпечити безперебійну інтеграцію нового ПЗ у вже діючу інформаційну систему;
- принцип універсальності полягає у створенні системи здатної виконувати як типові задачі, так і спеціалізовані функції, що дозволяє використовувати ПЗ для широкого спектра завдань без необхідності розробки додаткових модулів.
- принцип еволюційності полягає у створенні ПЗ для інформаційної системи з урахуванням можливості подальшого розвитку (включає адаптацію до змін у структурі підприємства, розширення функціоналу системи, впровадження нових технологій тощо).

Дотримання цих принципів у процесі проектування ПЗ створює основу для побудови ефективної, стабільної та функціонально багатотій інформаційної системи, яка здатна відповідати як поточним, так і майбутнім потребам підприємства.

Висновки та пропозиції. Ефективно функціонуюче ПЗ інформаційної системи підприємства є важливим інструментом для забезпечення конкурентоспроможності, гнучкості та безперервного розвитку підприємства у динамічних умовах сучасного ринку, забезпечуючи при цьому його надійність, функціональність і безпеку. Процес створення ПЗ ІС підприємства є комплексним та багаторівневим, охоплюючи всі етапи життєвого циклу – від початкового проектування до впровадження та подальшого вдосконалення. На кожному етапі відбувається формування та послідовне перетворення узгоджених моделей і прототипів у функціональний програмний продукт, готовий до використання в інформаційній системі підприємства.

Проектування ПЗ базується на дотриманні основних принципів, таких як системність, гнучкість, економічна доцільність, безпека, сумісність та еволюційність. Це дозволяє створити програмні рішення, які не лише відповідають поточним вимогам підприємства, а й мають

значний потенціал для швидкої адаптації до змін, що виникають через зовнішні або внутрішні фактори. При цьому, зважаючи на особливості ПЗ ІС підприємств критичної інфраструктури, особлива увага на усіх етапах його створення має приділяється забезпеченню надійності та безпеки інформаційного обміну, що гарантує безперерйну роботу системи та ефективний захист даних від несанкціонованого доступу. У зв'язку з цим авторами була виокремлена пріоритетна модель життєвого циклу проєктів створення ПЗ ІС підприємств критичної інфраструктури, запропонована його структура, на основі чого можна вдосконалити окремі процедури розробки, тестування, супроводу та розвитку такого ПЗ.

© **Зайцев Є.О., Коваленко С.М., Березниченко В.О., Сидорчук О.Л., 2024**

ЛІТЕРАТУРА

1. Зайцев Є.О., Сидорчук В.Є. Економіка розробки програмного забезпечення. Всеукраїнська науково-практична конференція: «Шляхи активізації інноваційної діяльності в освіті, науці, економіці». Україна, Вінниця, 12 квітня 2016. С. 115–117.
2. Зайцев Є.О., Голубенко О.І., Антоненко А.В. Основи інженерії програмного забезпечення інформаційних систем: навчальний посібник. К.: МНТУ, 2023. 146 с.
3. 5 прикладів системи ERP (кому вигідна ERP?). URL: <https://uk.itpedia.nl/2022/08/07/5-erp-systeem-voorbeelden>.
4. Український ринок ERP очікує на кардинальні зміни. URL: <https://itweek.com.ua/2024/02/13/ukrayinskyj-rynok-erp-ochikuye-na-kardynalni-zminy>.
5. KNESS комплексно керує процесами в ERP-системі IT-Enterprise, управляє проєктами і фінансами та розширює управління продажами і CRM. URL: <https://www.it.ua/cases/article/kness-kompleksno-kerue-procesami-v-erp-sistemi-it-enterprise-z-akcentom-na-upravlinnja-proektami-i-finansami-ta-rozshirjue-upravlinnja-prodazhami-i-crm>.
6. Клименко О.В. Інформаційні системи і технології в обліку. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури. 2008. 320 с.
7. Приймак Є.О., Зайцев Є.О., Лемешко А.В., Антоненко А.В. Дослідження можливостей оптимізації процесу обробки даних в державних інформаційних системах із використанням штучного інтелекту. 2024, ITSynergy, (1), С. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2024-1-1>.
8. Зайцев Є.О., Криворучко О.В., Рассамакин В.Я. Концептуальні засади створення та розвитку програмного забезпечення для економічних систем.

Глобалізаційні виклики розвитку національних економік: Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 70-річчю Київського національного торговельно-економічного університету 19-20 жовтня 2016 року, м. Київ, Україна. К.: ЦПНМВ КНТЕУ, 2016. С. 678-690.

REFERENCES

1. Zaitsev I.O., Sydorчук V.E. Economics of software development. Economics of Software Development. All-Ukrainian Scientific and Practical Conference: «Ways to Activate Innovation in Education, Science, and Economics». Ukraine, Vinnytsia, April 12, 2016. pp. 115–117.
2. Zaitsev I.O., Golubenko O.I., Antonenko A.V. Fundamentals of software engineering of information systems: a textbook. Kyiv: MNTU, 2023. 146 p.
3. 5 ERP system examples (who benefits from ERP?). URL: <https://uk.itpedia.nl/2022/08/07/5-erp-systeem-voorbeelden>.
4. Ukrainian ERP market awaits radical changes. URL: <https://itweek.com.ua/2024/02/13/ukrayinskyj-rynok-erp-ochikuye-na-kardynalni-zminy>.
5. Economics of Software Development. All-Ukrainian Scientific and Practical Conference: "Ways to Activate Innovation in Education, Science, and Economics." Ukraine, Vinnytsia, April 12, 2016. Pp. 115–117.
6. Klymenko O.V. Information systems and technologies in accounting. A textbook. Kyiv: Center for educational literature. 2008. 320 p.
7. Pryimak E.O., Zaitsev I.O., Lemeshko A.V., Antonenko A.V. Research into the possibilities of optimizing the data processing process in government information systems using artificial intelligence. 2024, ITSynergy, (1), Pp. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2024-1-1>.
8. Zaitsev I.O., Kryvoruchko O.V., Rassamakin V.Ya. Conceptual principles of creation and development of software for economic systems. Globalization challenges of the development of national economies: Abstracts of the international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Kyiv National University of Trade and Economics, October 19-20, 2016, Kyiv, Ukraine. K.: Central Center for Information Technology of the Kyiv National University of Trade and Economics, 2016. Pp. 678-690.

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 01.12.2024