

**О. Г. Додонов, В. Г. Путятін, В. О. Додонов,  
С. А. Куценко, А. П. Германюк, І. В. Изварин, К. О. Кравчук**  
Інститут проблем реєстрації інформації НАН України  
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

## **Технологія забезпечення живучості територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем в єдиному інформаційному просторі**

*Розглянуто технологію забезпечення живучості територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем у єдиному інформаційному просторі, яка забезпечує функціонування системи в умовах деструктивних впливів за рахунок використання доступних ресурсів, перебудови структури, перерозподілу функцій, зміни поведінки окремих компонентів системи або системи в цілому. Технологію реалізовано у вигляді підсистеми забезпечення живучості, до складу якої входять такі основні модулі: моніторингу; аналізу; локалізації; вироблення та прийняття рішень; реалізації виробленого рішення; агенти та внутрішні бази даних і знань.*

**Ключові слова:** загрози, деструктивні впливи, єдиний інформаційний простір, живучість, інформаційний ресурс, модуль, територіально-розподілена інформаційна комп'ютерна система, технологія.

### **Вступ**

Робота спрямована на дослідження та розв'язання науково-технічної проблеми, що полягає в розробленні технології забезпечення живучості (ТЗЖ) територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем (ТРИКС), які функціонують у єдиному інформаційному просторі (ЄП) в умовах деструктивних впливів. Необхідність забезпечення живучості пояснюється тим, що як би ретельно не проводилися розрахунки з надійності та захищеності системи при її проектуванні, завжди можливі непередбачені заздалегідь впливи, зумовлені форс-мажорними обставинами, екстремальними навантаженнями на елементи системи, помилками операторів, складними взаємодіями між елементами системи та із зовнішнім середовищем [1–4]. У першу чергу це стосується територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем, функціонально-структурна складність і територіальна розподіленість яких, особливо тих, що працюють у критичних галузях, зу-

мовлюють їхню уразливість від множини зовнішніх і внутрішніх загроз різної природи, що не дозволяє превентивними заходами забезпечити гарантований захист.

Цей напрямок є дуже актуальним, враховуючи тенденції постійного зростання кількості джерел загроз інформації і способів їхньої реалізації. Результатом деструктивних впливів різного характеру на ТРІКС ЄП можуть бути наступні наслідки [4, 5]: втрата працездатності окремих елементів системи і зв'язків між ними внаслідок їхнього фізичного руйнування або порушення цілісності; деградація (погіршення) технічних характеристик (швидкості, продуктивності, пропускної спроможності та ін.); спотворення алгоритмів функціонування; втрата, спотворення інформації про об'єкт спостереження; втрата, спотворення інформації, необхідної для функціонування системи; зменшення структурної надлишковості, рівня запасів ресурсів; погіршення керованості системи; непереборна втрата працездатності ТРІКС ЄП в цілому.

Особливу актуальність проблема забезпечення живучості набуває в ТРІКС ЄП спеціального призначення, коли вихід з ладу окремих елементів системи може привести до спотворення єдиної інформаційної картини обстановки і, в кінцевому підсумку, до втрати керованості та зниження боєготовності системи та об'єктів управління.

Живучість [1, 2] визначає працездатність ТРІКС ЄП в умовах негативних впливів (НВ) різного походження, здатних виводити з ладу окремі її ділянки на досить тривалий термін [4]. Тобто *живучість* — це властивість системи адаптуватися до нової ситуації і протистояти негативним впливам, виконуючи при цьому свою цільову функцію за рахунок відповідної зміни структури і поведінки системи навіть при серйозних пошкодженнях її частин; властивість системи виконувати задані функції, хоча б у мінімальному допустимому обсязі, при зовнішніх несприятливих впливах на неї, не передбачених заданими штатними умовами застосування за призначенням; збереження працездатності при зміні структури; властивість системи адаптуватися в умовах функціонування, що змінюються, протистояти несприятливим впливам і досягати мети функціонування за рахунок зміни поведінки та структури. Живучість характеризує стійкість ТРІКС ЄП проти дії причин, що призводять до руйнувань чи значних пошкоджень деяких частин її елементів [2–5].

Технологія, що пропонується, має дозволити, за рахунок впровадження та застосування спеціальних механізмів і методів забезпечення живучості, зменшити рівень уразливості ТРІКС ЄП в умовах дії НВ, запобігти цілому класу небажаних змін у функціонуванні системи, в наслідок яких можливо руйнування інформаційних структур, зміни у контенті, порушення життєво важливих інфо-комунікаційних процесів, втрата інформаційних ресурсів [4, 5].

**Метою роботи** є вирішення актуальної науково-технічної проблеми, що полягає в розробці технології забезпечення живучості територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем у єдиному інформаційному просторі в умовах деструктивних впливів.

При дослідженні проблеми забезпечення живучості ТРІКС ЄП розглядається структурна, функціональна та інформаційна живучість [5, 6].

Під *структурною живучістю* розуміється здатність системи підтримувати в несприятливих умовах системну структуру, необхідну для виконання мети функціонування із заданою якістю.

Під *функціональною живучістю* розуміється здатність системи за наявності несприятливих впливів виконувати із заданою якістю задану мету функціонування.

Під *інформаційною живучістю* розуміється здатність системи підтримувати доступність, цілісність і конфіденційність інформації на рівні, що дозволяє виконувати із заданою якістю мету функціонування системи, незалежно від зовнішніх і внутрішніх НВ та порушень у використанні інформаційних ресурсів.

Суть застосування технології забезпечення живучості ТРІКС ЄІП полягає в постійному моніторингу стану системи та контролю її взаємодії із зовнішнім середовищем; розпізнаванні та класифікації загроз; блокуванні та локалізації деструктивних впливів на систему; аналізі ступеню деградації функціональності системи в результаті деструктивних впливів, критичності збоїв і позаштатних ситуацій; виборі та застосуванні необхідних механізмів і методів забезпечення живучості; продовженні функціонування системи; аналізі результатів застосування механізмів і методів забезпечення живучості; формуванні пропозицій щодо реалізації додаткових заходів щодо забезпечення живучості [6–8].

## Стан розроблення та актуальність проблеми

У сучасній науці дослідження процесу забезпечення живучості складних технічних систем, у тому числі ТРІКС ЄІП, що функціонують в умовах впливу несприятливих факторів, переживає етап становлення в самостійну наукову дисципліну.

Значний внесок у розробку питань живучості складних систем різного призначення внесли Д.Л. Білоцерківський, В.П. Блукке, В.Д. Бойко, В.Л. Бурячок, О.П. Васильєв, Д.Є. Винокуров, В.М. Вишневський, Б.Г. Волик, О.С. Горбачик, Ю.Ю. Громов, В.А. Гуляєв, С.А. Гуріна, В.Є. Дидрих, О.Г. Додонов, Б.Я. Дудник, Н.О. Князева, В.Ф. Крапівін, М.Г. Кузнецова, В.В. Кульба, Д.В. Ланде, С.І. Макаренко, Ю.Є. Малащенко, Ю.Є. Мельников, В.К. Попков, І.А. Рябінін, Ю.М. Парфьонов, Р.А. Сафонов, Ю.І. Стекольников, Б.С. Флейшман, В.Г. Хорошевський, Г.Н. Черкесов, Е.І. Шерстобитов, Ю.Є. Юрлов, Colbourn C.J., Sekine K., Imai H., Tani S., Cheng M.X., A.E. Smith, Li Y., Du D.-Z. та ін.

Важливе значення наукових розробок даних авторів, зокрема, полягає у формуванні математичних основ аналізу живучості. До характеристик живучості автори відносять: стійкість, відмовостійкість, готовність, відновлюваність, ремонтпридатність, адаптивність та ін. Незважаючи на комплексний характер проблеми, в роботах перерахованих авторів проводиться аналіз та оцінка живучості на основі показників однієї або малого числа однорідних часткових характеристик, що свідчить про низький рівень повноти отриманого результату. Велике розмаїття наявних моделей, методів, алгоритмів свідчить про відсутність єдиного підходу, який дозволив би узагальнити показники різнорідних часткових характеристик для отримання достовірної оцінки живучості та вироблення програми дій щодо її забезпечення. Тому актуальними проблемами сьогодні залишаються як фундаментальні теоретичні дослідження різних аспектів живучості складних технічних сис-

тем, так і розв'язання задач, що мають за мету побудову системи знань, дій, відповідних засобів і інструментів, поєднання яких утворює певну технологію, застосування якої дозволить забезпечити живучість системи на практиці.

## Технологія забезпечення живучості

При сучасних темпах розвитку інформаційних технологій, коли територіально-розподілені інформаційні комп'ютерні системи стають все складнішими, проблема живучості цих систем, а саме — збереження функціональності при прояві внутрішніх та (або) зовнішніх негативних впливів — стає однією із найбільш важливих.

Основне завдання, яке має бути вирішене для забезпечення живучості ТРІКС ЄП, полягає в тому, щоби при впливі несприятливих факторів, пов'язаних зі збоями, відмовами та порушеннями в роботі компонентів ТРІКС ЄП або системи в цілому, за допомогою ТЗЖ підтримати або оперативно відновити працездатність системи, забезпечивши цим можливість використання її за цільовим призначенням. У процесі забезпечення живучості має здійснюватись аналіз ситуації, вироблення варіантів вирішення проблеми, вибір і реалізація напряму змін для адаптації системи до нових умов існування. Концептуальною основою забезпечення живучості ТРІКС ЄП є наступний принцип: при впливі несприятливих (випадкових або цілеспрямованих) факторів спочатку локалізується несправний елемент, перебудовується структура, перерозподіляються функції між працездатними елементами ТРІКС ЄП і тільки потім виконується усунення відмови.

*Технологію забезпечення живучості* можна визначити як сукупність процесів, операцій, механізмів, засобів, алгоритмів і математичних моделей, покрокова реалізація яких забезпечує здатність системи адаптуватися до нових умов функціонування, протистояти загрозам і несприятливим впливам, зберігати або оперативно відновлювати можливість виконання функцій системи з мінімальними втратами ефективності в разі деградації або виходу з ладу окремих компонентів системи.

Технологія забезпечення живучості ТРІКС ЄП реалізується шляхом виконання наступних основних функцій: безперервного моніторингу стану елементів системи; контролю процесу функціонування та своєчасності виконання завдань системи; оперативного виявлення та аналізу критичності збоїв і позаштатних ситуацій; діагностики системи до рівня елемента, що відмовив; локалізації елемента (групи елементів), що відмовив; аналізу наявності функціонального резерву та можливості перерозподілу ресурсів системи для виконання мети її функціонування в нових умовах; вибору та застосування необхідних механізмів і засобів забезпечення живучості; зміні конфігурації системи з перебудовою функціонального взаємозв'язку всередині системи з делегуванням виконуваних функцій від одних модулів (що втратили працездатність) системи іншим; продовженні процесу функціонування системи в нових умовах.

Для здійснення процесів моніторингу, контролю та подальшого аналізу стану системи використовуються вхідні дані у вигляді *індикаторів* — показників, що відображають хід процесу або стан об'єкта спостереження, його якісні або кількісні характеристики у формі, зручній для сприйняття людиною. Основною метою введення індикаторів є необхідність оцінки ситуації, що склалася, для пода-

льшого прогнозування її розвитку та вироблення відповідних рішень у разі, якщо прогноз має негативний характер.

Концептуальна схема технології забезпечення живучості ТРІКС ЄП, що представлена на рис. 1 [6], складається із послідовності технологічних операцій (кроків, процедур).

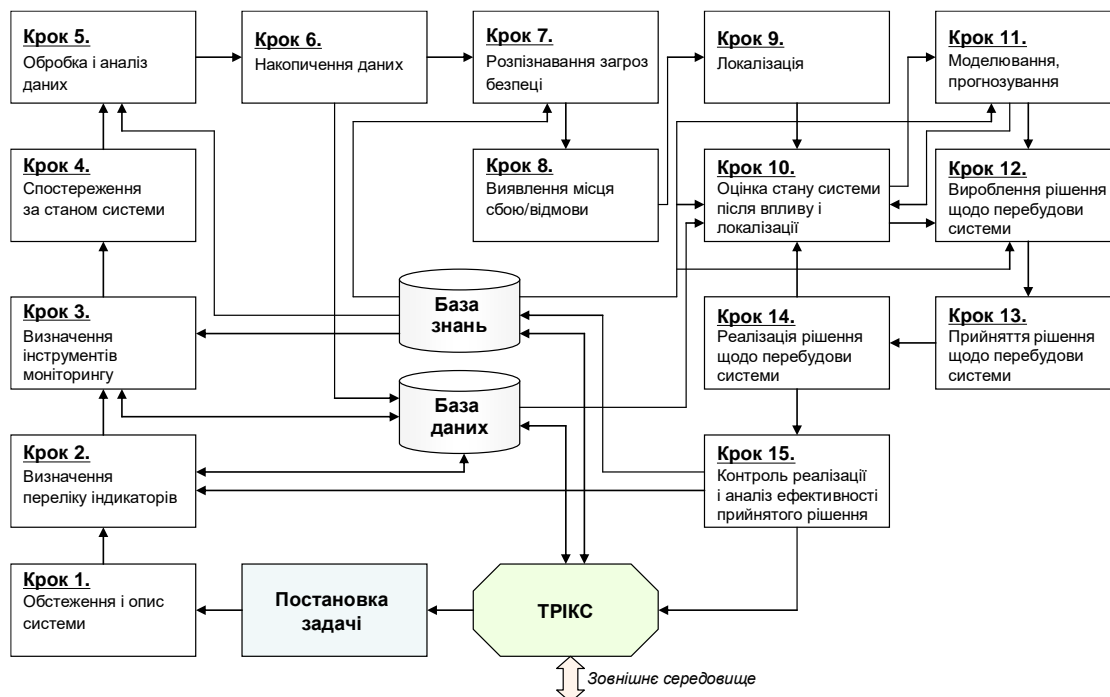


Рис. 1. Концептуальна схема технології забезпечення живучості ТРІКС ЄП

Для реалізації покрокової технології має бути виконана, передусім, загальна постановка задачі щодо забезпечення живучості ТРІКС ЄП, а саме: проаналізована актуальність проблеми забезпечення живучості ТРІКС ЄП; визначені загальні вимоги щодо бажаних результатів забезпечення/підвищення живучості ТРІКС ЄП; визначені основні загрози та несприятливі впливи, які є найбільш актуальними для даної системи; визначені основні складові елементи системи, які підлягатимуть моніторингу.

Завершальний крок в циклі технології має забезпечити: оцінювання результатів функціонування ТРІКС ЄП і її окремих елементів у результаті перебудови; оцінювання здатності системи адекватно реагувати на умови, що змінилися, та пристосовуватися до них; виявлення і аналіз факторів, які перешкоджають досягненню запланованих результатів; запобігання виникненню і накопиченню помилок; збереження найбільш вдалих рішень щодо перебудови ТРІКС ЄП у базі знань для їхнього подальшого опрацювання та використання.

## Механізми та методи забезпечення живучості ТРІКС ЄП

У рамках проведеного аналізу публікацій [3–6] можна зробити висновок про те, що суттєва роль у забезпеченні живучості відводиться механізмам і методам,

які здатні забезпечити функціонування системи, незважаючи на виникнення деструктивних впливів. Механізми та методи забезпечення живучості ще до проведення аналізу причин небажаних подій повинні зреагувати на небажаний вплив і забезпечити перехід ТРІКС ЄП у безпечний стан [5].

Існують відомі стандартизовані рішення, які дозволяють вирішити частину проблем забезпечення штатного функціонування системи, а саме: ідентифікація і аутентифікація; розподіл доступу до апаратних ресурсів; реєстрація та передача інформації про функціонування системи; контроль цілісності та автентичності даних і ін., проте вони не вирішують проблеми забезпечення живучості системи після настання дестабілізуючих впливів.

Технологія, що пропонується, має включати спеціальні механізми і методи, що застосовуються саме для забезпечення живучості системи, тобто для збереження можливостей системи у повному обсязі або для виділення мінімальної пріоритетної множини функцій, яка необхідна для продовження роботи системи в допустимих межах скорочення можливостей або для її безпечного зупинення.

До механізмів забезпечення живучості належать:

— *механізми розпізнавання*: механізми виявлення атак, успішних вторгнень, підвищення ризику виходу з ладу життєво важливих (критичних) компонентів ТРІКС ЄП, ризиків втрати чи викривлення інформації;

— *механізми протидії*: механізми підтримки визначених умов функціонування та мінімізації збитків, які пов'язані з переходом ТРІКС ЄП у нештатний режим функціонування;

— *механізми відновлення*: механізми відновлення функціональності та працездатності компонентів ТРІКС ЄП і системи в цілому при небажаних впливах, а також після припинення впливів;

— *механізми адаптації*: механізми цілеспрямованої зміни параметрів і структури системи на основі інформації про зміни в умовах функціонування, виникнення непередбачених ситуацій, про наслідки порушення захищеності інформаційного ресурсу;

— *механізми реорганізації*: механізми перерозподілу функцій компонентів ТРІКС ЄП, які вийшли з ладу, між працездатними компонентами або, у разі неможливості перерозподілу — перехід системи до нової цілі функціонування;

— *механізми реконфігурації*: механізми автоматичної перебудови структури мережі обміну інформацією для досягнення найбільшої ефективності виконання цілі функціонування на наявних працездатних ресурсах ТРІКС ЄП;

— *механізми реконструкції*: механізми редукції цілі функціонування та ресурсів ТРІКС ЄП до визначених базових рівнів, коли система може виконувати чітко окреслену множину функцій, або забезпечення плавності деградації визначених параметрів [5, 6].

Для зменшення ризиків відмов і перерв у функціонуванні ТРІКС ЄП використовуються різноманітні методи, зокрема:

— *резервування мережевих з'єднань*: створення резервних з'єднань зі здатністю автоматичного перемикавання на них в разі відмови основних ліній;

— *реплікація даних*: копіювання даних на різних серверах або центрах обробки даних для забезпечення доступу в разі відмови одного сервера;

- *використання балансерів навантаження*: розподілення трафіку між серверами для зменшення навантаження на окремі компоненти мережі;
- *захист від вторгнень*: використання систем виявлення та запобігання вторгненням для захисту мережі від небажаних атак;
- *регулярні резервні копії*: регулярне створення резервних копій даних і налаштувань для відновлення системи після відмови;
- *моніторинг та управління*: постійний моніторинг стану мережі та реагування на відмови або аномалії для забезпечення найкращої доступності;
- *георезервування*: розміщення дублюючих об'єктів мережі у різних географічних регіонах для захисту від природних катастроф або інших ризиків.

Застосування цих механізмів і методів здатне [5, 6]: виявити та локалізувати відмови функціональних елементів або їхньої сукупності, обумовлених навмисними чи стихійними шкідливими впливами довкілля; запобігти поширенню наслідків деструктивних впливів у ТРІКС ЄП; забезпечити продовження функціонування ТРІКС ЄП без втрат або з мінімальними втратами шляхом перерозподілу функцій і потоків інформації серед вцілілих компонентів системи в умовах непередбаченого зменшення ресурсів; забезпечити поступову деградацію показників якості функціонування ТРІКС ЄП у разі прогресуючого накопичення непрацездатних функціональних елементів.

## Підсистема забезпечення живучості

Практично технологія забезпечення живучості ТРІКС ЄП реалізується у вигляді спеціальної підсистеми — підсистеми забезпечення живучості ТРІКС ЄП [7].

*Підсистема забезпечення живучості (ПЗЖ)* призначена для забезпечення функціонування ТРІКС ЄП в умовах деструктивних впливів за рахунок використання доступних ресурсів, перебудови структури, перерозподілу функцій, зміни поведінки окремих компонентів системи або системи в цілому.

ТРІКС ЄП, як територіально-розподілена система, складається з декількох локальних ІКС<sub>*i*</sub>,  $i = 1, \dots, n$ , об'єднаних єдиним інформаційним простором. Відповідно, ПЗЖ ТРІКС ЄП об'єднує окремі ПЗЖ<sub>*i*</sub>, що функціонують у кожній локальній ІКС<sub>*i*</sub>. Загальна структура розподіленої підсистеми забезпечення живучості ТРІКС ЄП наведена на рис. 2 [7].

ПЗЖ являє собою програмно-апаратний комплекс, до складу якого входять такі основні елементи: модуль моніторингу; модуль аналізу; модуль локалізації; модуль вироблення та прийняття рішень; модуль реалізації виробленого рішення; агенти ПЗЖ і внутрішні бази даних і знань ПЗЖ. Кожен із цих модулів передбачає розробку спеціального програмного забезпечення, що реалізує його функціональність. Винятком може бути модуль моніторингу — в тому випадку, якщо в системі вже закладено та реалізовано можливість отримання оперативної інформації про поточний стан елементів системи за рахунок застосування відповідних програмно-технічних засобів. Ці засоби можуть бути використані ПЗЖ для виявлення відмов, оцінки та аналізу стану ресурсів системи.

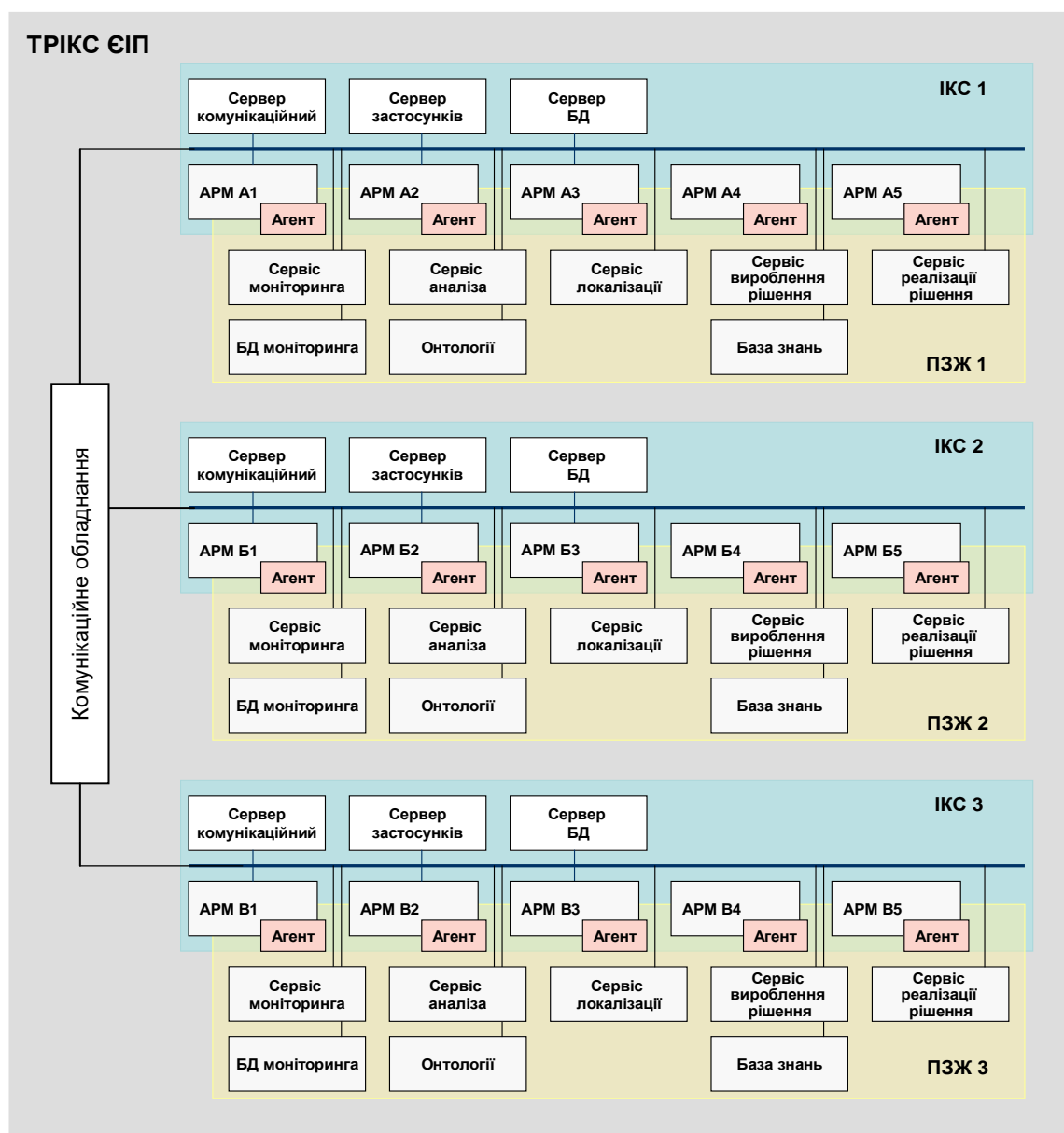


Рис. 2. Загальна структура розподіленої підсистеми забезпечення живучості ТРІКС ЄІП

### Модуль моніторингу підсистеми забезпечення живучості

Модуль моніторингу ПЗЖ ТРІКС ЄІП призначений для автоматизації процесу збору та збереження даних (індикаторів), які характеризують поточний стан об'єктів моніторингу (елементів ТРІКС ЄІП), з метою підготовки вхідної інформації для подальшого аналізу та визначення стану окремих елементів і ТРІКС ЄІП у цілому [7].

На рис. 3 наведено узагальнену блок-схему алгоритму роботи модуля моніторингу. Основні функціональні задачі (ФЗ), які реалізуються модулем моніторингу, та їхнє призначення наведено в табл.1.



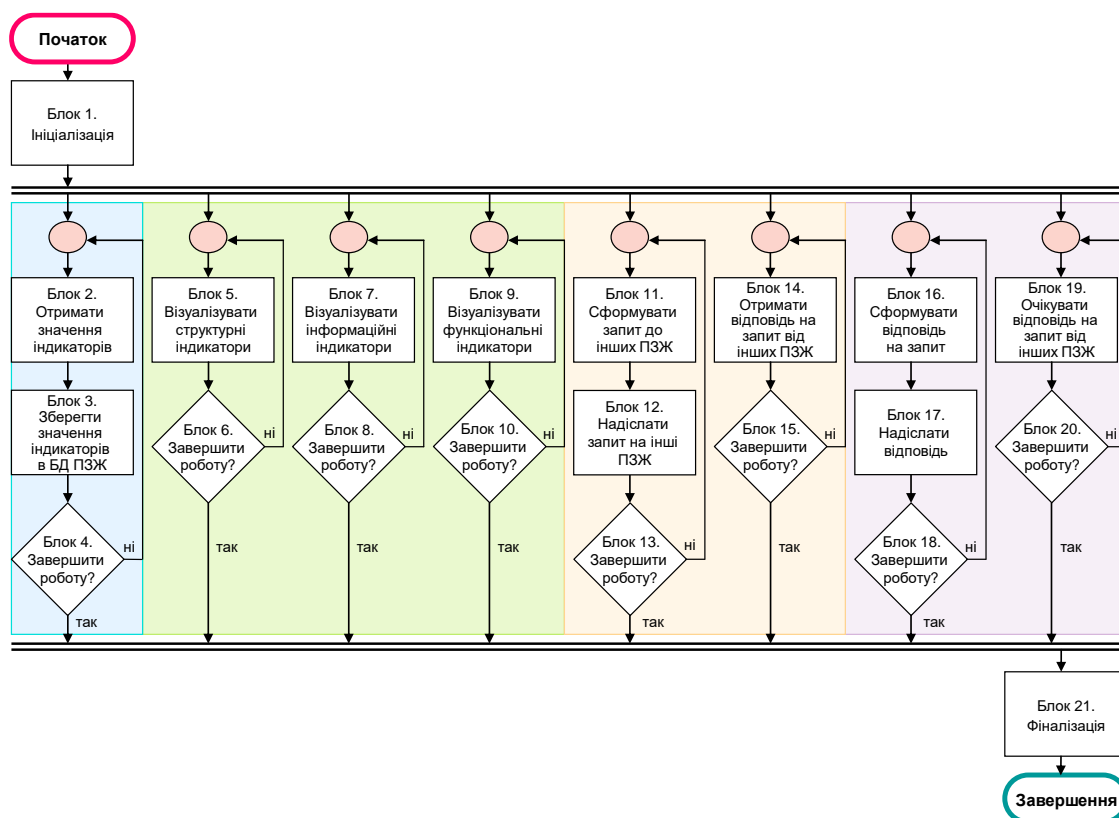


Рис. 3. Блок-схема алгоритму роботи модуля моніторингу ПЗЖ

Таблиця 1 – Перелік та призначення основних ФЗ модуля моніторингу

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
A1.1	Задача побудови структурної онтології	Призначена для побудови структурної онтології ТРІКС ЄП, для чого можна використовувати існуючі системи сканування систем для визначення їхнього складу. Можлива також побудова онтології у ручному режимі. Необхідно визначити, з чого складається «онтологія» ТРІКС ЄП та як її структурувати. Оскільки побудована онтологія має бути збережена для подальшого використання в БД, необхідно визначити відповідні для такого зберігання СУБД
A1.2	Задача побудови інформаційної онтології	Інформаційна онтологія ТРІКС ЄП повинна містити визначення та опис усіх джерел даних та всіх споживачів даних, а також потоків даних між елементами ТРІКС ЄП. Цю інформацію можна отримати автоматичним способом (наприклад, читання DSN — Data Source Name) або побудувати вручну в результаті дослідження й опису ТРІКС ЄП
A1.3	Задача побудови функціональної онтології	Задача пов'язана з дослідженням і визначенням технологічних процесів, які виконуються в рамках ТРІКС ЄП, і функціональних задач, що їх забезпечують
A1.4	Задача зміни структурної онтології	Зміна структурної онтології можлива наступними способами: за допомогою інтерфейсу користувача, тобто вручну; за допомогою автоматичного сканування ТРІКС ЄП;

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
		за допомогою програмного інтерфейсу (API). Зокрема, модулі локалізації та реалізації рішення можуть внести зміни до структурної онтології ТРІКС ЄП: після локалізації може знадобитися видалити деякий елемент, що вийшов з ладу, з онтології, а після реалізації рішення може знадобитися внести зміни до наповнення онтології
A1.5	Задача зміни інформаційної онтології	Аналогічно A1.4
A1.6	Задача зміни функціональної онтології	Аналогічно A1.4
A1.7	Задача візуалізації структурної онтології	Забезпечує відображення побудованої структурної онтології у графічному вигляді
A1.8	Задача візуалізації інформаційної онтології	Забезпечує відображення побудованої інформаційної онтології у графічному вигляді
A1.9	Задача візуалізації функціональної онтології	Забезпечує відображення побудованої функціональної онтології у графічному вигляді
A1.10	Задача вибору елементів ТРІКС ЄП для моніторингу	Маючи ТРІКС ЄП і побудовані для неї онтології, природним чином виникає необхідність вибору (або визначення) переліку елементів, за якими проводитиметься моніторинг певних (або всіх) індикаторів. За замовченням можна призначити для моніторингу всі елементи ТРІКС ЄП, що є в онтології. Однак на практиці може виникнути необхідність проводити моніторинг лише деяких елементів ТРІКС ЄП, які беруть участь у роботі за певним сценарієм. Для цього необхідно забезпечити можливість, за допомогою інтерфейсних форм, обрати елементи ТРІКС ЄП, які будуть моніторитися. Побудований таким чином список зберігається в БД для подальшого використання в інших модулях та іншими ФЗ ПЗЖ
A1.11	Задача формування списку структурних індикаторів для моніторингу	Для кожного елемента ТРІКС ЄП, який включено (обрано) до списку елементів для моніторингу, необхідно задати, або обрати з існуючого списку, ті структурні індикатори, значення яких необхідно надалі моніторити. Наприклад, для серверного комп'ютера ТРІКС ЄП, на якому виконується програмне забезпечення (ПЗ) системи управління базами даних (СУБД), необхідно моніторити такі індикатори: 1) завантаження центрального процесору (ЦП); 2) завантаження оперативної пам'яті (ОП). Повний список містить усі структурні індикатори, допустимі для даного елемента ТРІКС ЄП. Оператор у ручному режимі за допомогою інтерфейсної форми здійснює вибір необхідних для моніторингу індикаторів. Побудовані таким чином списки індикаторів для кожного вибраного елемента ТРІКС ЄП зберігаються у БД для подальшого використання
A1.12	Задача формування списку інформаційних індикаторів для моніторингу	Аналогічно A.1.11
A1.13	Задача формування списку функціональних індикаторів для моніторингу	Аналогічно A.1.11

<b>Код ФЗ</b>	<b>Найменування ФЗ</b>	<b>Призначення ФЗ</b>
A1.14	Задача завдання граничних значень для структурних індикаторів	Для кожного структурного індикатора необхідно визначити його верхнє та нижнє граничні значення. Спочатку для кожного типу індикатора визначаються граничні значення, прийняті за замовчуванням. Ці граничні значення можуть визначатися за діючими нормативними вимогами, якщо вони існують, або експериментальним шляхом, за результатами практичного моніторингу існуючих ТРІКС ЄІП у відповідній галузі застосування. Оператор може самостійно встановити певні граничні значення для кожного індикатора окремо. Введені таким чином граничні значення зберігаються у БД у вигляді кортежів (елемент ТРІКС ЄІП, індикатор, нижнє допустиме значення індикатора (опціонально), верхнє допустиме значення індикатора)
A1.15	Задача завдання граничних значень для інформаційних індикаторів	Аналогічно А.1.14
A1.16	Задача завдання граничних значень для функціональних індикаторів	Аналогічно А.1.14
A1.17	Задача зміни списку структурних індикаторів	Забезпечує можливість внесення змін у список структурних індикаторів: додавання чи видалення індикаторів
A1.18	Задача зміни списку інформаційних індикаторів	Забезпечує можливість внесення змін у список інформаційних індикаторів: додавання чи видалення індикаторів
A1.19	Задача зміни списку функціональних індикаторів	Забезпечує можливість внесення змін у список функціональних індикаторів: додавання чи видалення індикаторів
A1.20	Задача управління агентами моніторингу	Забезпечує можливість управління агентами моніторингу, розташованими на вузлах ТРІКС ЄІП, тобто налаштування параметрів моніторингу під час конфігурування задачі
A1.21	Задача збору значень індикаторів	Забезпечує отримання значень індикаторів від агентів моніторингу, розташованих на вузлах ТРІКС ЄІП. Виконується періодично. Період налаштовується під час конфігурування задачі. Щоб параметр набув чинності, необхідний перезапуск задачі. Задача не передбачає автоматичної зміни даного параметра «на льоту», тобто під час виконання
A1.22	Задача зберігання значень моніторингу у БД ПЗЖ	Забезпечує можливість зберігання зібраних значень індикаторів моніторингу у спеціалізованій БД ПЗЖ
A1.23	Задача моніторингу структурних індикаторів	Забезпечує збір значень структурних індикаторів моніторингу відповідно до обраних об'єктів і встановлених параметрів моніторингу
A1.24	Задача моніторингу інформаційних індикаторів	Забезпечує збір значень інформаційних індикаторів моніторингу відповідно до обраних об'єктів і встановлених параметрів моніторингу
A1.25	Задача моніторингу функціональних індикаторів	Забезпечує збір значень функціональних індикаторів моніторингу відповідно до обраних об'єктів і встановлених параметрів моніторингу
A1.26	Задача візуалізації структурних індикаторів	Забезпечує візуалізацію структурних індикаторів у вигляді графіків, що показують динамічну зміну значень індикаторів у часі на екрані спеціального табло. Значен-

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
		ня індикаторів візуалізуються разом із візуалізацією елементів структури ТРІКС ЄП
A1.27	Задача візуалізації інформаційних індикаторів	Забезпечує візуалізацію інформаційних індикаторів на екрані спеціального табло у графічному вигляді
A1.28	Задача візуалізації функціональних індикаторів	Забезпечує візуалізацію функціональних індикаторів на екрані спеціального табло у графічному вигляді
A1.29	Задача формування запитів	Забезпечує функціонування Блоку формування запитів – з певною періодичністю (наприклад, кожен секунду або кожні 10 секунд) формується запит до кожної з ПЗЖ <sub>i</sub> ; запит повинен містити ім'я ПЗЖ <sub>i</sub> , яка формує запит, ім'я ПЗЖ <sub>i</sub> , до якої надсилається запит, дату та час запиту
A1.30	Задача відправлення запитів	Сформовані запити мають бути надіслані тій чи іншій ПЗЖ <sub>i</sub> ; для цього має використовуватись мережевий протокол
A1.31	Задача отримання відповідей на запити	Забезпечує функціонування Блоку отримання відповіді на запити — цей блок постійно слухає якийсь порт мережі та чекає відповіді від інших ПЗЖ <sub>i</sub> на відправлені запити; в його відповідальність входить визначення, на який із запитів було отримано відповідь та подальша передача пари «запит-відповідь» в БД ПЗЖ
A1.32	Задача очікування запитів	Забезпечує функціонування Блоку очікування запитів — блок перебуває в режимі постійного слухання мережі на предмет отримання запитів від інших ПЗЖ <sub>i</sub>
A1.33	Задача формування відповідей	Забезпечує функціонування Блоку формування відповіді — на отриманий запит формується відповідь, яка, крім інформації про ім'я даної ПЗЖ <sub>i</sub> та часу відповіді, також може містити код стану, наприклад: 1 — все працює у штатному режимі; 2 — вийшла з ладу частина ТРІКС ЄП; 3 — ПЗЖ <sub>i</sub> перебуває у режимі вироблення локального рішення тощо
A1.34	Задача надсилання відповідей на запити	Забезпечує функціонування Блоку відправлення відповіді на запити — сформована відповідь передається в мережу

### Модуль аналізу підсистеми забезпечення живучості

Модуль аналізу ПЗЖ ТРІКС ЄП призначений для автоматизації процесу виявлення негативного впливу на систему з подальшою активацією реакції на нього, а саме: процесу локалізації (зادля недопущення поширення наслідків несприятливого впливу на інші елементи ТРІКС ЄП); процесу вироблення рішення (наприклад, про перепризначення функціональних задач, що вирішувалися на елементах системи, які постраждали внаслідок негативного впливу, на елементи ТРІКС ЄП, які функціонують у штатному режимі) [7]. Крім того, модуль виконує розрахунок у режимі реального часу поточної оцінки стану ТРІКС ЄП з точки зору її живучості (розрахунок інтегрального індексу живучості системи).

На рис. 4 наведено узагальнену блок-схему алгоритму роботи модуля аналізу. Основні функціональні задачі, які реалізуються модулем аналізу, та їхнє призначення наведено в табл. 2.

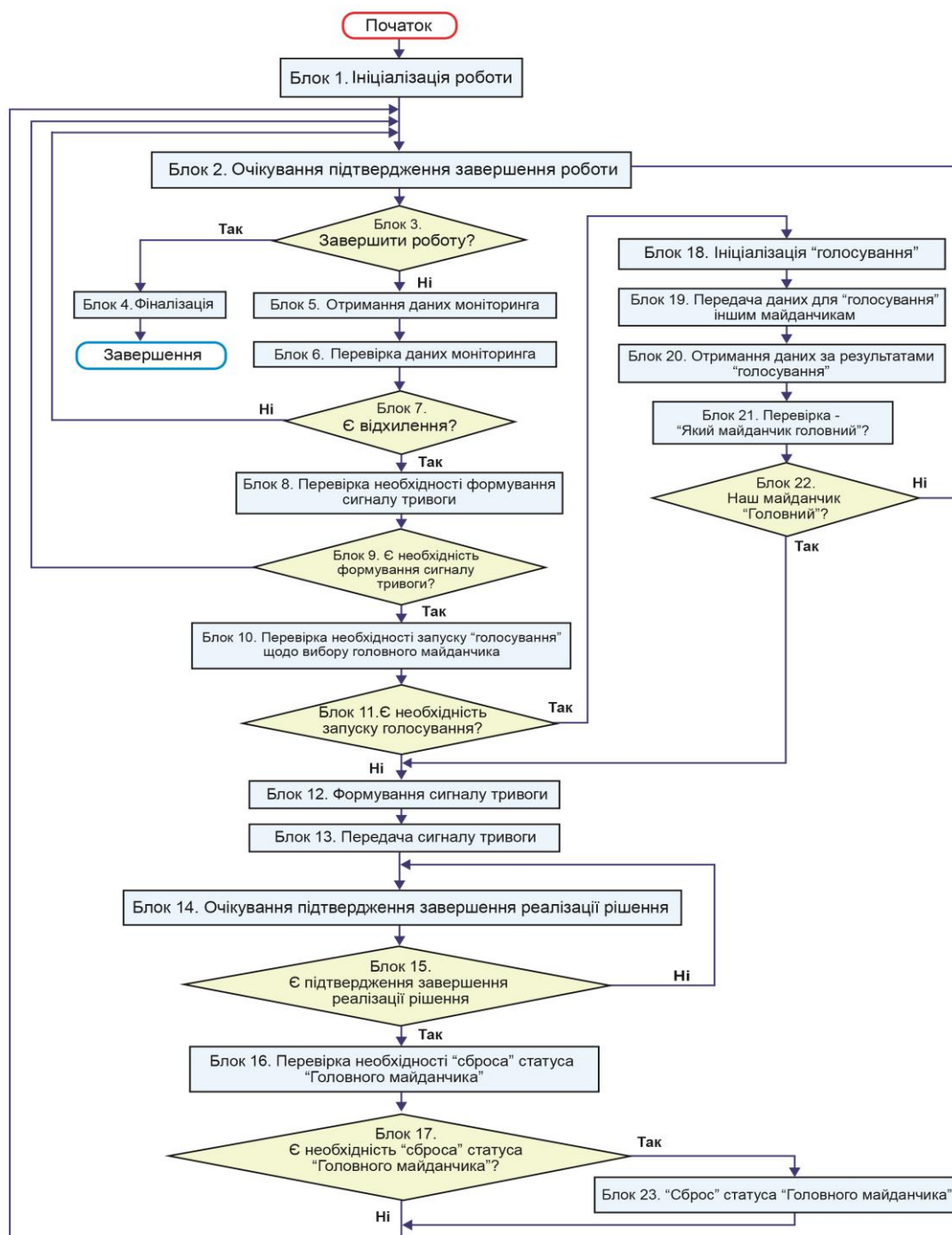


Рис. 4. Блок-схема алгоритму роботи модуля аналізу ПЗЖ

Таблиця 2- Перелік та призначення основних ФЗ модуля аналізу

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
A2.1	Перевірка дотримання граничних умов значень інформаційних індикаторів	Здійснює перевірку дотримання граничних умов для значень інформаційних індикаторів і, в разі виявлення відхилень, передає відповідні сигнал і дані ФЗ 2.6 Оперативної стратегії визначення сигналу тривоги

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
A2.2	Перевірка дотримання альтернативних умов значень структурних індикаторів	Здійснює перевірку дотримання альтернативних умов для значень структурних індикаторів і, в разі виявлення відхилень, передає відповідні сигнал і дані ФЗ 2.6 Оперативної стратегії визначення сигналу тривоги
A2.3	Перевірка дотримання альтернативних умов значень інформаційних індикаторів	Здійснює перевірку дотримання альтернативних умов значень інформаційних індикаторів і, в разі виявлення відхилень, передає відповідні сигнал і дані ФЗ 2.6 Оперативної стратегії визначення сигналу тривоги
A2.4	Перевірка дотримання альтернативних умов значень функціональних індикаторів	Здійснює перевірку значень дотримання альтернативних умов для значень функціональних індикаторів і, в разі виявлення відхилень, передає відповідні сигнал і дані ФЗ 2.6 Оперативної стратегії визначення сигналу тривоги
A2.5	Перевірка наявності вимкнених ПЗЖ	Здійснює перевірку та аналіз відповідей (на запити) від інших підсистем і, в разі відсутності відповіді на запит або виявлення помилки при відповіді, передає відповідні сигнал і дані ФЗ 2.6 Оперативної стратегії визначення сигналу тривоги
A2.6	Оперативна стратегія визначення сигналу тривоги	У разі отримання сигналу про відсутність відповіді від іншої підсистеми активує голосування щодо вибору Головної підсистеми; виробляє рішення про формування сигналу тривоги; формує пакет даних сигналу тривоги; передає сигналу тривоги та пакет підготовлених даних
A2.7	Вибір Головної підсистеми	Після отримання відповідного сигналу активує голосування щодо вибору Головної підсистеми. Після завершення голосування передає ідентифікатор підсистеми, призначеної Головною, всім розподіленим підсистемам
A2.8	Розрахунок інтегрального індексу живучості	Здійснює розрахунок інтегрального індексу живучості та передачу його значення модулю візуалізації

### Модуль локалізації підсистеми забезпечення живучості

Модуль локалізації ПЗЖ ТРИКС ЄП забезпечує відключення несправних елементів ТРИКС ЄП або зміну їх конфігурації з метою запобігання подальшому поширенню наслідків НВ [7]. Локалізація (англ. localization) — обмеження місця дії того чи іншого явища, процесу певними просторовими межами.

Локалізація елементів, що вийшли з ладу, є однією із ключових задач у технології забезпечення живучості ТРИКС ЄП. Ті типи загроз, при прояві яких виникає можливість їхнього подальшого динамічного поширення в мережі елементів ТРИКС ЄП, вимагають особливої уваги та відповідної реакції з боку ПЗЖ. Для цього модуль локалізації повинен мати можливість визначати типи загроз та використовувати цю інформацію для моделювання наслідків їхнього можливого динамічного поширення з метою визначення більшої області локалізації, ніж один початковий елемент ТРИКС ЄП.

Процедура локалізації ініціюється, якщо в результаті аналізу значень індикаторів стану ТРИКС ЄП виявляється порушення функціонування одного або декількох елементів системи. Список елементів ТРИКС ЄП, які не функціонують у штатному режимі, є вхідною інформацією для початку роботи процедури локалізації.

На рис. 5 наведено узагальнену блок-схему алгоритму роботи модуля локалізації. Основні функціональні задачі, які реалізуються модулем локалізації, та їх призначення наведено в табл. 3.

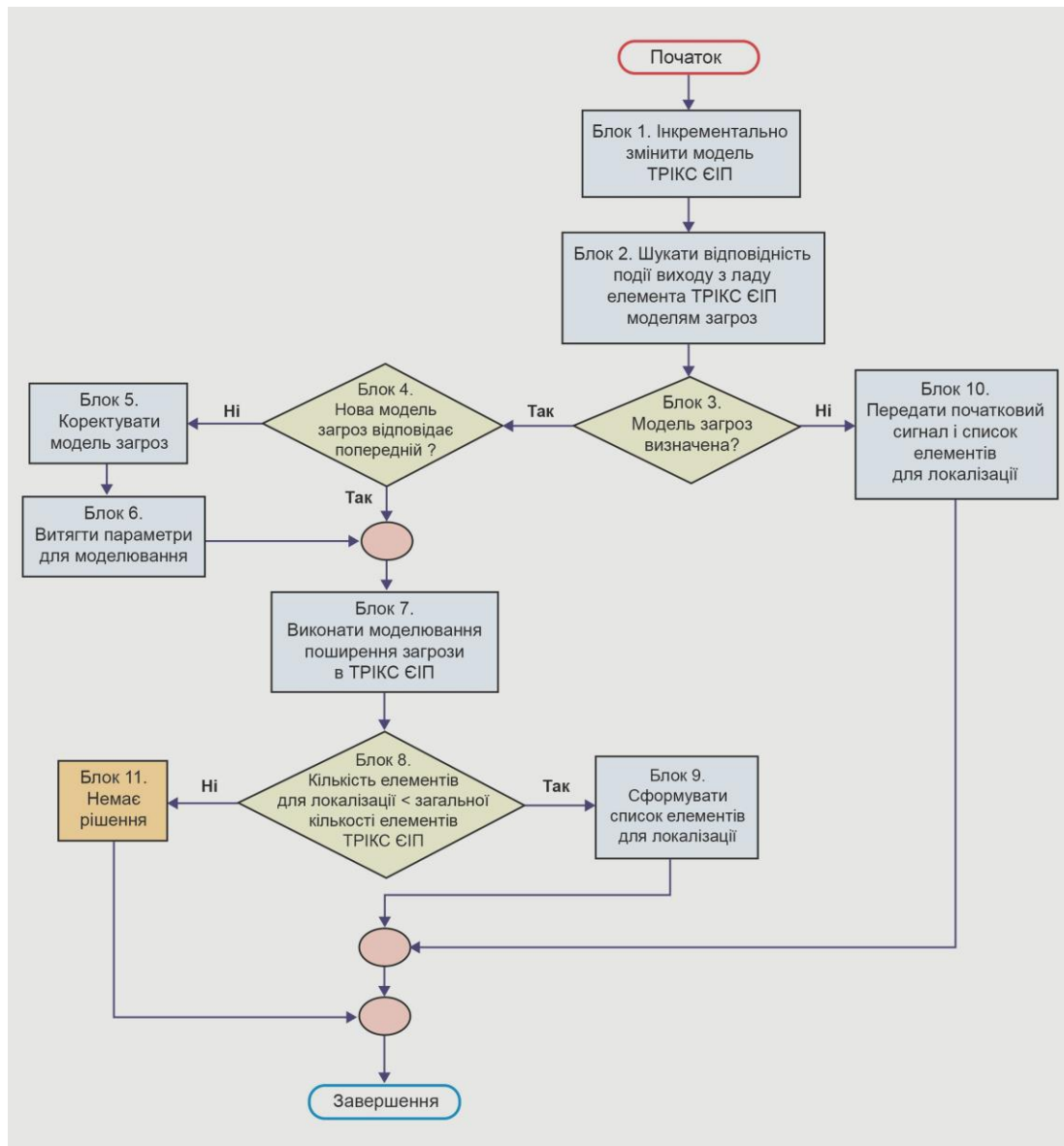


Рис. 5. Блок-схема алгоритму роботи модуля локалізації ПЗЖ

Таблиця 3. Перелік і призначення основних ФЗ модуля локалізації

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
A3.1	Очікування та отримання сигналу на локалізацію	Забезпечує отримання сигналу від модуля аналізу на активацію процесу локалізації і початкового списку елементів, які треба локалізувати
A3.2	Визначення області локалізації	Визначає область локалізації і формує список елементів, які входять у цю зону
A3.3	Реалізація локалізації	Надсилає агентам рішення про область локалізації і команду на її реалізацію
A3.4	Підтвердження завершення локалізації	Забезпечує отримання від агентів підтвердження про реалізацію та завершення локалізації
A3.5	Передача сигналу модулю вироблення і прийняття рішення	Забезпечує передачу сигналу модулю вироблення та прийняття рішення про завершення локалізації

## Модуль вироблення та прийняття рішень підсистеми забезпечення живучості

Модуль вироблення та прийняття рішень ПЗЖ ТРІКС ЄПІ призначений для автоматизації процесу вироблення рішення щодо варіантів перебудови системи завдяки застосуванню механізмів забезпечення живучості [7].

На рис. 6 наведено узагальнену блок-схему алгоритму роботи модуля вироблення та прийняття рішень. Основні функціональні задачі, які реалізуються модулем вироблення і прийняття рішень, і їхнє призначення наведено в табл. 4.

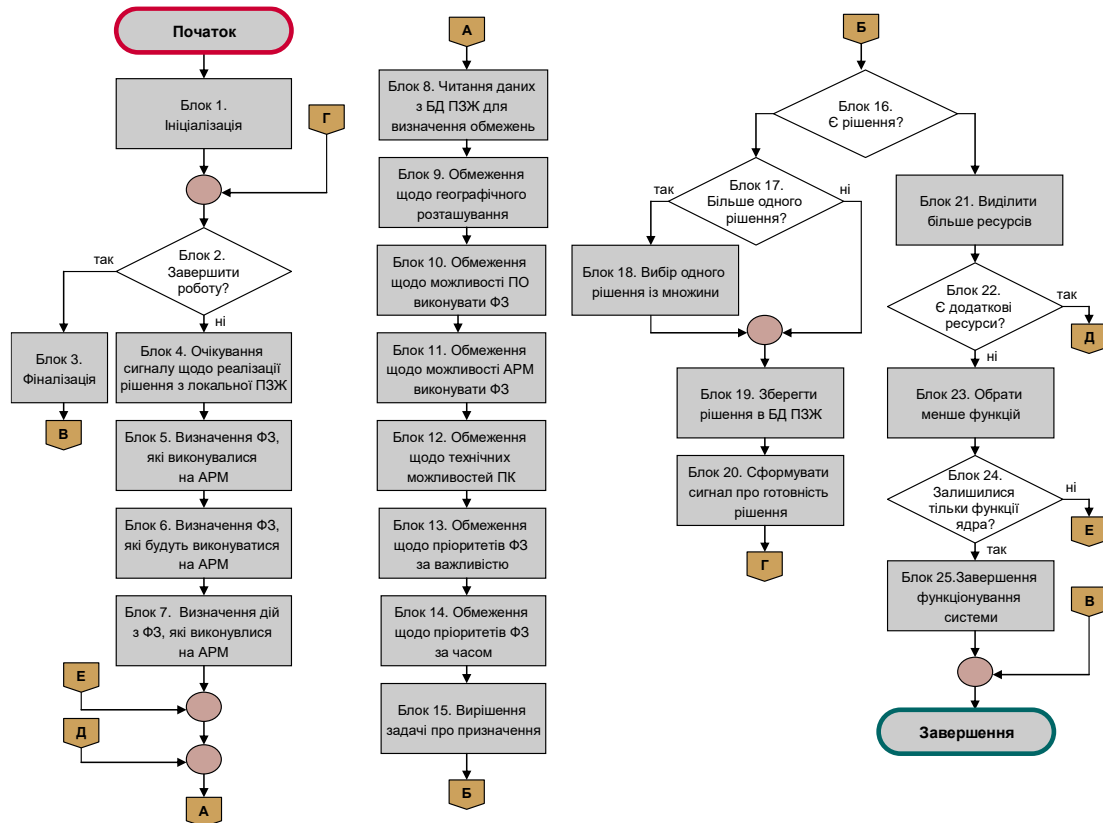


Рис. 6. Блок-схема алгоритму роботи модуля вироблення і прийняття рішення ПЗЖ

Таблиця 4. Перелік і призначення основних ФЗ модуля вироблення та прийняття рішень

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
A4.1	Отримання сигналу тривоги від модуля аналізу	Здійснює отримання сигналу тривоги у вигляді системного повідомлення від модуля аналізу і здійснює ініціалізацію роботи модуля вироблення рішення
A4.2	Визначення ФЗ, що виконувалися на автоматизованому робочому місці (АРМ)	Здійснює визначення ФЗ, що виконувалися на АРМ, який вийшов з ладу
A4.3	Визначення ФЗ, які виконуватимуться на АРМ	Здійснює визначення ФЗ, що мають виконуватися на АРМ, який вийшов з ладу, з прив'язкою до технологічного процесу
A4.4	Визначення дій з ФЗ, які виконувались	Здійснює дії і методи відновлення функціонування, які необхідно виконати з ФЗ, що виконувались на



<b>Код ФЗ</b>	<b>Найменування ФЗ</b>	<b>Призначення ФЗ</b>
		АРМ, який вийшов з ладу
A4.5	Визначення вхідних даних для визначення обмежень	Здійснює визначення необхідних вхідних даних для визначення обмежень кожної ФЗ
A4.6	Географічне розташування	Визначає обмеження за географічним розташуванням елемента
A4.7	Можливість посадової особи (ПО) виконувати ФЗ	Визначає обмеження, чи може ПО виконувати ФЗ
A4.8	Можливість АРМ виконувати ФЗ	Визначає обмеження, чи може АРМ виконувати ФЗ
A4.9	Можливість робочої станції (РС) (технічні характеристики)	Визначає обмеження щодо технічної можливості РС і встановленого на РС програмного забезпечення виконати ФЗ
A4.10	Пріоритети ФЗ за важливістю	Визначає обмеження пріоритету важливості ФЗ
A4.11	Пріоритети ФЗ за часом	Визначає обмеження часу виконання ФЗ
A4.12	Розв'язання задачі про призначення	Виконує вирішення завдання про призначення. Результат розв'язання задачі про призначення зберігається у БД
A4.13	Визначення дій за наявності більш, ніж одного рішення про призначення	Визначає дії за наявності більш, ніж одного рішення при розв'язанні задачі про призначення. Результатом може бути як автоматичне рішення задачі про призначення, так і в ручному режимі
A4.14	Вирішення завдання про призначення в ручному режимі	Розв'язує задачу про призначення в ручному режимі посадовою особою
A4.15	Визначення дій із системою у разі відсутності рішення про призначення у ручному режимі	Визначає перелік дій із системою у разі відсутності рішення у ручному режимі. Результатом розв'язання задачі може бути передача даних на модуль реалізації рішення для зміни цільової функції системи або зупинки функціонування системи
A4.16	Завершення функціонування системи	Здійснює зупинку виконання функціоналу системи і повідомляє про цю подію відповідальних ПО
A4.17	Вибір множини функцій, що підлягають розподілу	Здійснює визначення тієї підмножини функцій, з загальної множини функцій, що залишилися до виконання, яка буде використана алгоритмом рішення задачі про призначення. Підмножина, що визначається, не може бути меншою за підмножину функцій ядра ТРИКС ЄП
A4.18	Вибір необхідних ресурсів для вирішення задачі про призначення	Здійснює визначення тієї частини ТРИКС ЄП, ресурси якої братимуть участь у розв'язанні задачі про призначення; у відповідному блоці реалізовано алгоритм послідовного збільшення кількості ресурсів за рахунок використання додаткових майданчиків розташування ТРИКС ЄП аж до всієї ТРИКС ЄП у цілому
A4.19	Ініціація рішення	Після визначення, на якій частині ТРИКС ЄП необхідно вирішити задачу про призначення, задача ініціює роботу всіх інших блоків модуля, що беруть участь у вирішенні задачі про призначення
A4.20	Управління виробленням рішення	Виконує керування процесом вироблення рішення завдяки алгоритму послідовного збільшення ресурсів

## Модуль реалізації виробленого рішення підсистеми забезпечення живучості

Модуль реалізації виробленого рішення ПЗЖ ТРИКС ЄПП призначений для автоматизації перебудови системи відповідно до виробленого рішення [7].

Основні функціональні задачі, які реалізуються модулем реалізації виробленого рішення, та їхнє призначення наведено в табл. 5. На рис.7 наведено узагальнену блок-схему алгоритму роботи модуля реалізації виробленого рішення.

Таблиця 5. Перелік і призначення основних ФЗ модуля реалізації виробленого рішення

Код ФЗ	Найменування ФЗ	Призначення ФЗ
A5.1	Передача рішення	Отримує результати розв'язання задачі про призначення від модуля вироблення рішення. Активує відповідні локальні ПЗЖ; на реалізацію результатів розв'язання задачі про призначення. Передає сигнал про те, що відбулася активація відповідних локальних ПЗЖ; на реалізацію рішення щодо розподілу звільнених ФЗ на інші ресурси ТРИКС ЄПП
A5.2	Отримання підтвердження	Отримує та обробляє сигнал про активацію відповідних локальних ПЗЖ; на реалізацію результатів розв'язання задачі про призначення. Приймає сигнали від локальних ПЗЖ; щодо реалізації результатів розв'язання задачі про призначення. Формує та передає сигнал на «скидання» повноважень Головного майданчика
A5.3	Генерація сигналу «НЕ ГОЛОВНИЙ»	Формує та передає сигнал модулю аналізу про те, що відбулося «скидання» повноважень Головного майданчика та відновлено «рівноправність» серед усіх майданчиків
A5.4	Отримання рішення	Отримує і обробляє сигнал від Головного майданчика на реалізацію рішення на локальному майданчику. Отримує від Головного майданчика результати розв'язання задачі про призначення ФЗ на вільні ресурси локального майданчика
A5.5	Вибір механізму для реалізації рішення	Виходячи з виробленого рішення про призначення, здійснює вибір механізму його реалізації
A5.6	Активація обраного механізму	Здійснює активацію обраного механізму для виробленого рішення
A5.7	Надсилання підтвердження про реалізацію рішення	Отримує від усіх локальних майданчиків підтвердження реалізації рішення. Передає підтвердження Головному майданчику про те, що задача про призначення повністю успішно вирішена
A5.8	Змінення онтологічних моделей	Здійснює змінення онтологічних моделей системи шляхом визначення нових елементів чи інформаційних зв'язків елементів системи
A5.9	Формування та передача на АРМ інструкцій користувача	Передає з БД (БЗ) необхідні інструкції щодо виконання призначених ФЗ на АРМ
A5.10	Формування списку ПО, яких необхідно повідомити про результати перепризначення	Здійснює формування списку ПО, яких слід поінформувати про результати нового призначення ФЗ
A5.11	Формування та розсилання повідомлень ПО про результати призначення	Здійснює формування та розсилку повідомлень визначеним ПО про результати нового призначення ФЗ

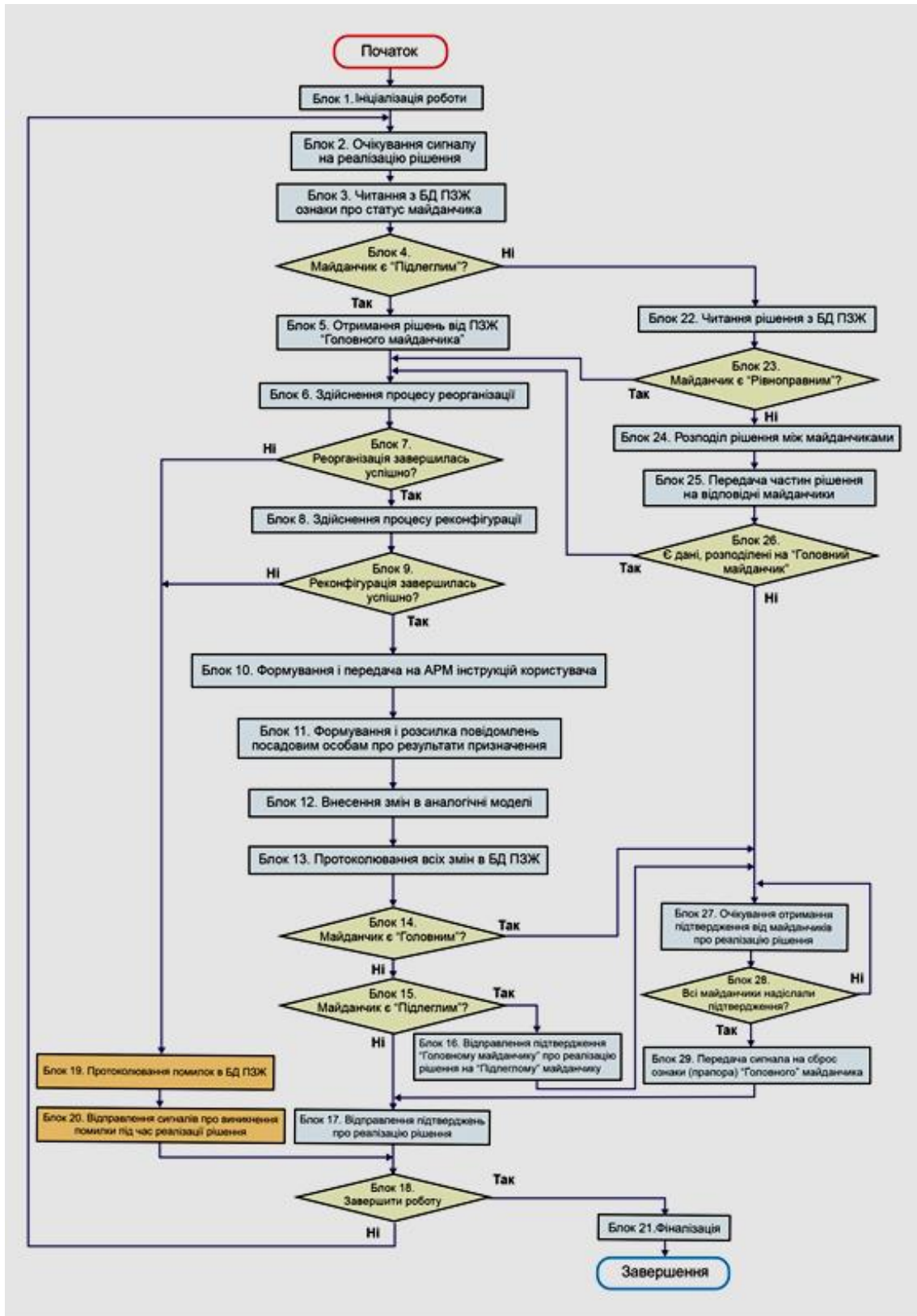


Рис. 7. блок-схема алгоритму роботи модуля реалізації виробленого рішення ПЗЖ

## Агенти підсистеми забезпечення живучості

Згідно з технологією, що пропонується, і як це відображено на схемі (рис. 2), кожен з елементів територіально-розподіленої системи повинен мати свого агента, який забезпечує зв'язок цього елемента безпосередньо з ПЗЖ та реалізацію всіх її керуючих дій і впливів, а саме: збір значень індикаторів і передачу їх модулю моніторингу; локалізацію елементів і зв'язків між елементами, на яких виявилися відхилення у функціонуванні; реалізація обраних механізмів (наприклад, реконфігурації і реорганізації), у разі виникнення позаштатної ситуації, згідно з виробленим рішенням.

## Внутрішні бази даних (знань) підсистеми забезпечення живучості

На схемі загальної структури розподіленої підсистеми забезпечення живучості ТРІКС ЄІП (рис. 2) також представлені внутрішні бази даних і знань ПЗЖ, в яких зберігаються: онтології ІКС; список елементів та індикаторів; значення індикаторів моніторингу; дані щодо проблемних елементів; перелік локалізованих елементів; результати рішення задачі про призначення; дані про посадових осіб та інструкції тощо.

## Індикатори підсистеми забезпечення живучості

Підсистема забезпечення живучості використовує для вирішення своїх задач вхідні дані щодо стану ТРІКС ЄІП у вигляді індикаторів. Періодичне опитування значень індикаторів, або моніторинг, дає змогу виявити порушення у функціонуванні ТРІКС ЄІП.

Індикатори можуть класифікуватися за типами відповідно до належності їх до певного рівня. Пропонується два варіанти класифікації індикаторів.

Варіант 1: Структурний рівень (Ст); Функціональний рівень (Фн); Інформаційний рівень (Ін).

Варіант 2: Прикладний рівень (Пр); Сеансовий рівень (Сн); Мережевий рівень (Мр); Рівень операційної системи (ОС); Фізичний рівень (Фз).

У табл. 6, як приклад, наведено деякі зі структурних індикаторів, що можуть використовуватися підсистемою забезпечення живучості ТРІКС ЄІП для контролю стану сервера та комунікаційного обладнання, а також спосіб, яким значення наведених індикаторів можуть бути отримані.

Таблиця 6. Приклад опису і класифікації індикаторів ПЗЖ

№ за/п	Об'єкт/контрольований параметр	Найменування індикатора	Одиниця вим.	Ст	Фн	Ін	Пр	Сн	Мр	ОС	Фз	Спосіб отримання значень індикатора
<b>Сервер</b>												
<b>Процесор</b>												
1	Базова частота процесора	Базова Швидкість	ГГц	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність – ЦП
2	Кількість ядер	Ядра	Шт.	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність
3	Навантажен-	Заванта-	%	+							+	Диспетчер задач –

№ за/п	Об'єкт/контрольований параметр	Найменування індикатора	Одиниця вим.	Ст	Фн	Ін	Ір	Сн	Мр	ОС	Фз	Спосіб отримання значень індикатора
	ня на процесор	ження ЦП										Продуктивність
4	Частота роботи процесора	Завантаження ЦП	%, ГГц	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність
<b>HDD</b>												
5	Вільне місце на диску HDD	Розмір – вільне місце	Гб, %	+							+	Відомості про систему
6	Зайнятий простір на диску HDD	Розмір – зайнято на диску	Гб, %	+							+	Відомості про систему
7	Швидкість запису на HDD	Швидкість запису	Кб/с	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність – Диск
8	Швидкість обміну даними з HDD	Швидкість обміну	Кб/с	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність
9	Швидкість читання з HDD	Швидкість читання	Кб/с	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність
10	Швидкість запису на HDD	Швидкість запису	Кб/с	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність
<b>RAM</b>												
11	Використання пам'яті	Структура пам'яті	Мб\%	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність – Пам'ять
<b>Графічний процесор</b>												
12	Використання виділеної пам'яті GPU	Використання GPU	%	+							+	Диспетчер задач – Продуктивність – Графічний процесор
<b>Мережевий адаптер</b>												
13	Вхідний мережевий трафік	Отримання	Кб/с	+					+			Диспетчер задач – Продуктивність – Ethernet
14	Вихідний мережевий трафік	Відправлення	Кб/с						+			Диспетчер задач – Продуктивність – Ethernet
15	Доступна пропускна здатність мережі	Використання мережі	%	+					+		+	Моніторинг ресурсів – Мережа
16	Кількість TCP/LAN/Wi-Fi з'єднань	Значення	Шт.	+					+		+	Диспетчер задач – Продуктивність – Ethernet
17	Програмна доступність сервера в мережі	ping	Доступний\недоступний	+			+		+			Командний рядок
<b>Комунікаційне обладнання</b>												
18	Наявність відгуку	ping	Доступний\	+					+			Командний рядок

№ за/п	Об'єкт/контрольований параметр	Найменування індикатора	Одиниця вим.	Ст	Фн	Ін	Пр	Сн	Мр	ОС	Фз	Спосіб отримання значень індикатора
	інтерфейсу по мережі		недоступний									
19	Час проходження пакета	ping	мс	+					+			Командний рядок – ping
20	Втрати пакетів	ping	%	+					+			Командний рядок – ping
21	Завантаженість процесора switch	SYSLOG	%	+					+			Аналіз і повідомлення протоколу SYSLOG на комутаторі
22	Завантаженість пам'яті	SYSLOG	%	+					+			Аналіз і повідомлення протоколу SYSLOG на комутаторі
23	Обсяг трафіка, що проходить	SYSLOG	%	+					+			Аналіз і повідомлення протоколу SYSLOG на комутаторі
24	Кількість активних сполук	SYSLOG	Шт.	+					+			Аналіз і повідомлення протоколу SYSLOG на комутаторі

## Висновки

Основними результатами виконаної роботи є розроблені та запропоновані:

— технологія забезпечення живучості територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем довільної архітектури у єдиному інформаційному просторі, яка являє собою сукупність процесів, механізмів, засобів, алгоритмів і математичних моделей, реалізація яких забезпечує здатність системи адаптуватися до нових умов функціонування, протистояти загрозам і несприятливим впливам, зберігати або оперативно відновлювати можливість виконання функцій ТРІКС ЄП з мінімальними втратами ефективності в разі деградації або виходу з ладу окремих компонентів ТРІКС ЄП за рахунок використання наявних працездатних ресурсів;

— підсистема забезпечення живучості, яка реалізує технологію забезпечення живучості. для забезпечення функціонування ТРІКС ЄП в умовах деструктивних впливів за рахунок використання доступних ресурсів, перебудови структури, перерозподілу функцій, зміни поведінки окремих елементів або системи в цілому.

Застосування технології забезпечення живучості дозволить ТРІКС ЄП будь-якого призначення автоматично адаптуватися до нових умов функціонування та уникнути руйнівних наслідків деструктивних впливів на систему, що можуть привести до значних втрат — людських, матеріальних, фінансових.

1. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. Київ: Наук. думка, 2011. 256 с.

2. Додонов А.Г., Горбачик Е.С., Кузнецова М.Г. Живучість інформаційно-аналітичних систем: понятійний апарат, моделі аналізу та оцінки. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2007. Т. 9, № 3. С. 61–72.

3. Додонов О.Г., Додонов В.О, Путятін В.Г. Концептуальні основи розробки технології забезпечення живучості територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем у єдиному інформаційному просторі. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. Щорічна підсумкова наукова конференція 17–19 вересня 2021 року: збірник / за ред. В.В. Петрова. Київ: ІПРИ НАН України, Київ, 2023. С. 64–66.

4. Путятін В.Г., Куценко С.А. Сценарії протидії деструктивним впливам на комп'ютерні інформаційні мережі для високотехнологічних об'єктів. Информационные технологии и безопасность. Материали XV Международной научно-практической конференции ИТБ-2015. Киев: ИПРИ НАН Ураины, 2015. С. 187–195. ISBN: 978-966-2344-45-5.

5. Кузнецова М.Г. Застосування механізмів підвищення живучості для забезпечення захищеності інформаційного ресурсу в розподілених системах. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2006. Т. 8, № 3. С. 40–47.

6. Додонов О.Г., Путятін В.Г., Куценко С.А. Концептуальна схема технології забезпечення живучості територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. Щорічна підсумкова наукова конференція 27–28 вересня 2023 року: збірник /за ред. В.В. Петрова. Київ: ІПРИ НАН України, 2023. С. 50–56.

7. Додонов О.Г., Додонов В.О, Ізварін І.В., Кравчук К.О., Технологія забезпечення живучості територіально-розподілених інформаційних комп'ютерних систем у єдиному інформаційному просторі. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. Щорічна підсумкова наукова конференція 26–27 вересня 2023 року: збірник / за ред. В.В. Петрова. Київ: ІПРИ НАН України, 2023. С. 66–70.

8. Никифоров О.В. Путятін В.Г., Куценко С.А. Математичні моделі та методи для вирішення проблем інформаційної безпеки. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2023. Т. 25, № 2. С. 27–65.

Надійшла до редакції 27.03.2024