

## АНАЛІЗ ВИМОГ СУЧАСНИХ СТАНДАРТІВ З БЕЗПЕКИ МАШИН ТА УСТАТКУВАННЯ І ОЦІНКИ РИЗИКІВ (ЧАСТИНА 2. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ НА ЕТАПАХ ВИГОТОВЛЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА УТИЛІЗАЦІЇ. ОЦІНКА РИЗИКІВ)

*Каптанов С. Ф., к.т.н., доц., Демчук Г. В., к.т.н., доц. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського);*

*Пономаренко К. С., студ. (гр. ТА-03, ТЕФ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

**Анотація.** Проаналізовано сучасні вимоги стандартів ISO 14121 та ISO 12100 щодо забезпечення прийняттого рівня безпеки машин та устаткування і визначено загальні алгоритми оцінки ризику та ймовірності виникнення небезпечної події. Надані практичні рекомендації щодо їх застосування.

**Ключові слова:** безпека машин, оцінка ризику, небезпечна подія.

**Abstract.** The modern requirements of the ISO 14121 and ISO 12100 standards for ensuring an acceptable level of safety of machines and equipment were analyzed, and general algorithms for assessing risk and the probability of a dangerous event were determined. Practical recommendations for their application are provided.

**Keywords:** machine safety, risk assessment, dangerous event.

**Вступ.** Згідно із діючими в сфері безпеки стандартами, для забезпечення прийнятних рівнів ризиків щодо можливого негативного впливу на обслуговуючий персонал небезпечних та шкідливих виробничих факторів, спроектовані машини та устаткування повинні гарантовано забезпечувати необхідний рівень безпеки та контролю на протязі всього життєвого циклу незалежно від існуючих умов експлуатації.

У даній роботі, яка умовно поділена на дві частини (Ч. 1 та Ч. 2), з урахуванням положень стандартів ISO 14121-1 [1], ISO 14121-2 [2] та ISO 12100 [3], на основі якого було розроблено вітчизняний стандарт ДСТУ EN ISO 12100 [4], виконано аналіз сучасних вимог щодо забезпечення прийняттого рівня безпеки машин та устаткування на всіх етапах їх життєвого циклу. Також визначено загальні алгоритми оцінки ризику та ймовірності виникнення небезпечної події і надано рекомендації щодо їх застосування.

У Ч. I основна увага приділена вимогам безпеки машин та устаткування на етапі їх проектування. а у Ч. II – на етапах їх виготовлення (виробництва), експлуатації та утилізації. Також у другій частині проаналізовано порядок та особливості виконання процедури оцінки ризиків.

**Аналіз стану питання.** Будь-яка машина чи устаткування є потенційними джерелами небезпеки, як при безвідмовному виконанні ними функцій за призначенням, так і у разі критичної відмови.

Небезпека заподіяння шкоди життю та здоров'ю людей, навколишньому середовищу, життю та здоров'ю тварин, майну фізичних та юридичних осіб, що створюється машиною або устаткуванням при безвідмовному виконанні ними функцій за призначенням, може включати у себе можливість завдання шкоди:

- внаслідок безпосереднього впливу на них з боку машини або устаткування (термічна, хімічна, радіаційна, електрична, механічна небезпеки, шум, вібрація тощо);
- при спрацьовуванні аварійного скидання робочого середовища безпосередньо в атмосферу (термічна, хімічна, радіаційна, екологічна, механічна небезпеки);
- при порушенні техніки безпеки в процесі експлуатації машин та устаткування;
- при наявності інших небезпечних факторів, якщо вони притаманні машині або устаткуванню.

Небезпека заподіяння шкоди життю та здоров'ю людей, навколишньому середовищу, життю та здоров'ю тварин, майну фізичних та юридичних осіб, що створюється машиною або устаткуванням у разі критичної відмови може включати у себе можливість завдання шкоди:

- при втраті герметичності машини або устаткування;
- через невиконання машиною або устаткуванням функцій за призначенням, що призвело до руйнування системи, у складі якої функціонує машина або устаткування, та ін.

Для мінімізації негативного впливу усіх вищезгаданих небезпек, розробник вже на етапі проектування машин та устаткування повинен з урахуванням діючих вимог сучасних стандартів в сфері безпеки ідентифікувати існуючі небезпеки, виконати попередню оцінку всіх існуючих ризиків настання небезпечних подій на всіх етапах життєвого циклу машин та устаткування (розробка, виготовлення, експлуатація, утилізація), а також передбачити весь необхідний комплекс заходів щодо забезпечення допустимого рівня ризику та зниження ймовірності настання вірогідних небезпечних подій, що, в свою чергу, і повинно дозволити гарантовано забезпечити прийнятний рівень безпеки спроектованих машин та устаткування при їх подальшій експлуатації.

**Мета роботи.** З урахуванням положень діючих міжнародних стандартів ISO [1-4] виконати аналіз сучасних вимог щодо забезпечення прийнятного рівня безпеки машин та устаткування на всіх етапах їх життєвого циклу, а також визначити загальні алгоритми оцінки ризику та ймовірності виникнення небезпечної події і надати рекомендації щодо їх застосування.

**Методики, матеріали і результати досліджень.**

**Вимоги безпеки на етапі виготовлення (виробництва).** З метою забезпечення допустимого рівня ризику або допустимої ймовірності настання небезпечної події на етапі виготовлення (виробництва) машини або устаткування виробник виконує:

- а) забезпечення відповідності виготовлення машини або устаткування вимогам проектної (конструкторської) документації;
- б) весь комплекс заходів щодо забезпечення допустимого рівня ризику або зниження ймовірності настання небезпечної події для машини або устаткування, визначений проектною (конструкторською) документацією, контроль виконання

всіх технологічних операцій, від яких залежать припустимий ризик, критична відмова та критична дія;

в) випробування машини або устаткування, передбачені проектною (конструкторською) документацією;

г) нанесення чіткого, захищеного від зовнішнього негативного впливу (механічного, термічного та ін.) напису чи знаків на машину або устаткування, що попереджають про види небезпеки під час експлуатації;

д) нанесення добре помітного чіткого та захищеного від зовнішнього негативного впливу ідентифікаційного напису на машину або устаткування, що містить:

- 1) найменування виробника та його товарний знак;
- 2) найменування виробу та позначення серії або типу, номер;
- 3) показники призначення;
- 4) дату виготовлення.

На етапі виготовлення надійність та безпека машини або устаткування забезпечують:

- технологічними операціями виготовлення, що відповідають вимогам безпеки і застосовуються на підприємстві-виробнику;

- технічним контролем, у тому числі системою вхідного контролю матеріалів, що надходять, комплектуючих виробів та загалом системою менеджменту якості, що діє на підприємстві-виробнику.

Характеристики (показники) надійності та безпеки машини або устаткування можуть бути підтверджено:

- випробуваннями на надійність, що проводяться у складі приймальних, кваліфікаційних чи періодичних випробувань;

- даними експлуатаційної статистики;

- результатами аналізу діючих на підприємстві технологічних процесів (технологічних операцій виготовлення та операцій технічного контролю) та системи менеджменту якості, у частині забезпечення ними необхідних показників надійності та безпеки (оцінка безпеки технологічних процесів).

Підтвердження надійності та безпеки машини або устаткування шляхом оцінки технологічного процесу дозволяє доповнити дані про надійність та безпеку машини або устаткування, які отримані при випробуваннях на надійність та за експлуатаційною статистикою.

Оцінка технологічного процесу ґрунтується на аналізі конструкції виробу, технології його виготовлення та результатів експлуатації виробів, які раніше були виготовлені підприємством із застосуванням операцій технологічного процесу, що оцінюється.

В процесі аналізу конструкції виробу виявляють вузли та деталі, відмова яких у процесі експлуатації може бути критичною, і встановлюють можливі невідповідності вимогам безпеки конструкторської документації, які можуть спричинити критичну відмову цих вузлів і деталей.

Оцінка технологічного процесу здійснюється виробником або за погодженням з ним представниками замовника, експертною організацією чи розробником виробу, які мають необхідну кваліфікацію, знають конструкцію виробу, ТУ на виріб, технологічний процес його виготовлення.

В основу оцінки забезпечення технологічним процесом вимог до безвідмовності повинен бути покладений аналіз технологічних операцій, у процесі яких можуть мати місце невідповідності (дефекти), що призводять до критичної відмови виробу, та контрольних операцій, при виконанні яких ці невідповідності (дефекти) можуть бути виявлені.

Як основні причини появи можливих невідповідностей (дефектів) розглядають збої у роботі устаткування й помилки, допущені персоналом і під час технологічних та контрольних операцій.

Роботи з оцінки можливості забезпечення технологічним процесом виготовлення заданих вимог щодо безвідмовності виробу повинні проводитись за програмою, яка повинна передбачати:

а) аналіз видів, наслідків та критичності відмов (АВНКВ) виконується виходячи з умов експлуатації виробу, з виділенням критичних відмов, вірогідність не виникнення яких (вірогідність безвідмовної роботи /ВБР/ виробу) має бути забезпечена технологічним процесом підприємства-виробника.

б) аналіз конструкції виробу;

в) аналіз технологічного процесу з виділенням технологічних та контрольних операцій, що впливають на можливий прояв невідповідностей (дефектів) у виробу, що є причиною виникнення виділених критичних відмов;

г) аналіз статистичної інформації про брак виробника в частині невідповідностей (дефектів), який виявлено у процесі виробництва та за даними експлуатаційної статистики;

д) проведення розрахунку вірогідності безвідмовної роботи (ВБР) виробу, що забезпечується технологічним процесом виготовлення;

е) проведення порівняльного аналізу заданих у конструкторській документації вимог до показників безвідмовності виробу та розрахункових показників безвідмовності, що забезпечуються технологічним процесом виготовлення;

ж) видача висновку за результатами робіт із висновком щодо можливості забезпечення вимог до безвідмовності виробів технологічним процесом виготовлення та розробкою при необхідності рекомендацій щодо внесення необхідних змін до технологічного процесу та конструкції виробу з метою підвищення його безвідмовності.

***Вимоги безпеки на етапах експлуатації та утилізації машин та устаткування.*** З метою забезпечення допустимих величин ризику або ймовірності настання небезпечної події на етапах експлуатації та утилізації машин та устаткування необхідно ретельно виконувати вимоги, зазначені в керівництві з експлуатації машин та устаткування, та за необхідності вживати додаткові заходи з безпеки (засоби індивідуального захисту, захисні огороження тощо).

**Загальний алгоритми оцінки ризику або ймовірності настання небезпечної події.** Оцінка ризику або ймовірності настання небезпечної події передбачає виконання систематизованих процедур щодо визначення існуючих небезпек, пов'язаних з машиною або устаткуванням та запровадження, у разі необхідності, відповідних заходів щодо їх зниження.

Оцінку ризику машини або устаткування слід виконувати для всіх можливих небезпечних подій (критичних відмов та впливів) та їх можливих наслідків.

Загальний алгоритм, за яким здійснюється оцінка ризику представлений на рис. 1. Він передбачає виконання наступних процедур:

- а) аналіз ризику:
  - 1) визначення границь використання машини або устаткування;
  - 2) ідентифікація небезпек;
  - 3) розрахунок ступеня ризику;
- б) оцінка ступеня ризику.

Під визначенням границь використання слід розуміти застосування за призначенням та логічно передбачуване неправильне використання машини або устаткування. До аспектів, які треба при цьому враховувати, належать:

а) різноманітні режими роботи машини або устаткування та різноманітні процедури втручання з боку користувача, зокрема втручання, пов'язані з неправильною роботою машини або устаткування;

б) використання машини або устаткування (наприклад, промислове, непромислове чи побутове) особами певної статі, віку, лівшами чи особами з обмеженими фізичними можливостями (вадами зору, слуху, зросту, комплекції, фізичної сили тощо);

с) передбачувані рівні навчання, досвіду або здібностей користувачів, зокрема операторів, технічного персоналу та персоналу обслуговування, стажерів та учнів, сторонніх осіб;

д) нараження інших осіб на небезпеку, пов'язану з машиною або устаткуванням, якщо це можна логічно передбачити.

Ідентифікацію логічно передбачуваних небезпек (постійних небезпек і небезпек, які можуть виникнути несподівано), небезпечних ситуацій та/або небезпечних подій необхідно здійснювати з урахуванням усього життєвого циклу машини або устаткування (транспортування, збирання та монтування, уведення в експлуатацію, використання, демонткування, виведення з експлуатації та утилізація).

Загальний алгоритм оцінки ймовірності настання небезпечної події, який представлено на рис. 2, так само передбачає проведення схожих процедур:

- а) аналіз ймовірності настання небезпечної події:
  - 1) визначення границь використання машини або устаткування;
  - 2) ідентифікація небезпек;
  - 3) розрахунок ймовірності виникнення критичних відмов;
- б) оцінка ймовірності виникнення критичних відмов і можливості критичних впливів.

## ЗАГАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ОЦІНКИ РИЗИКУ

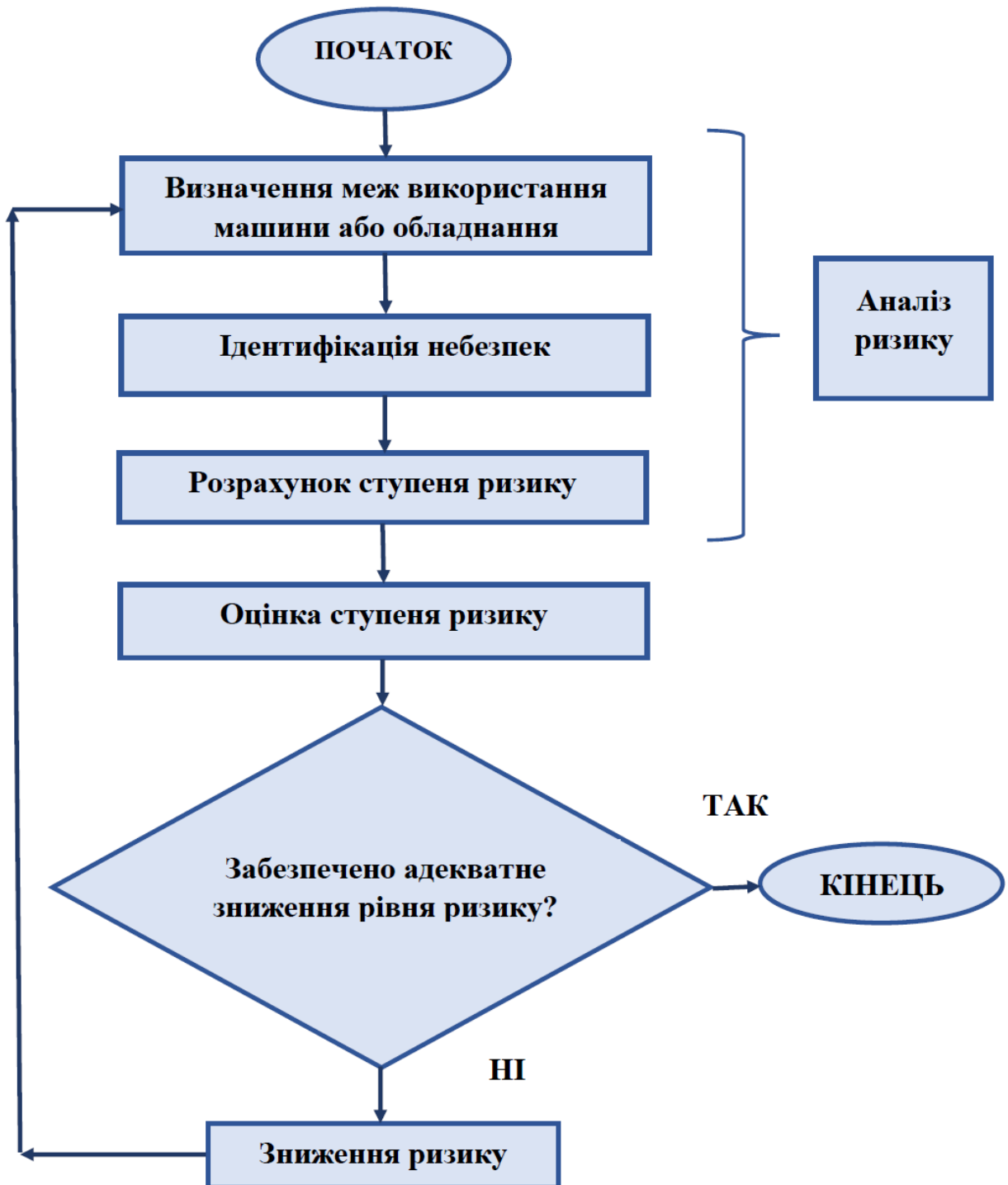


Рис.1. Загальний алгоритм оцінки ризику

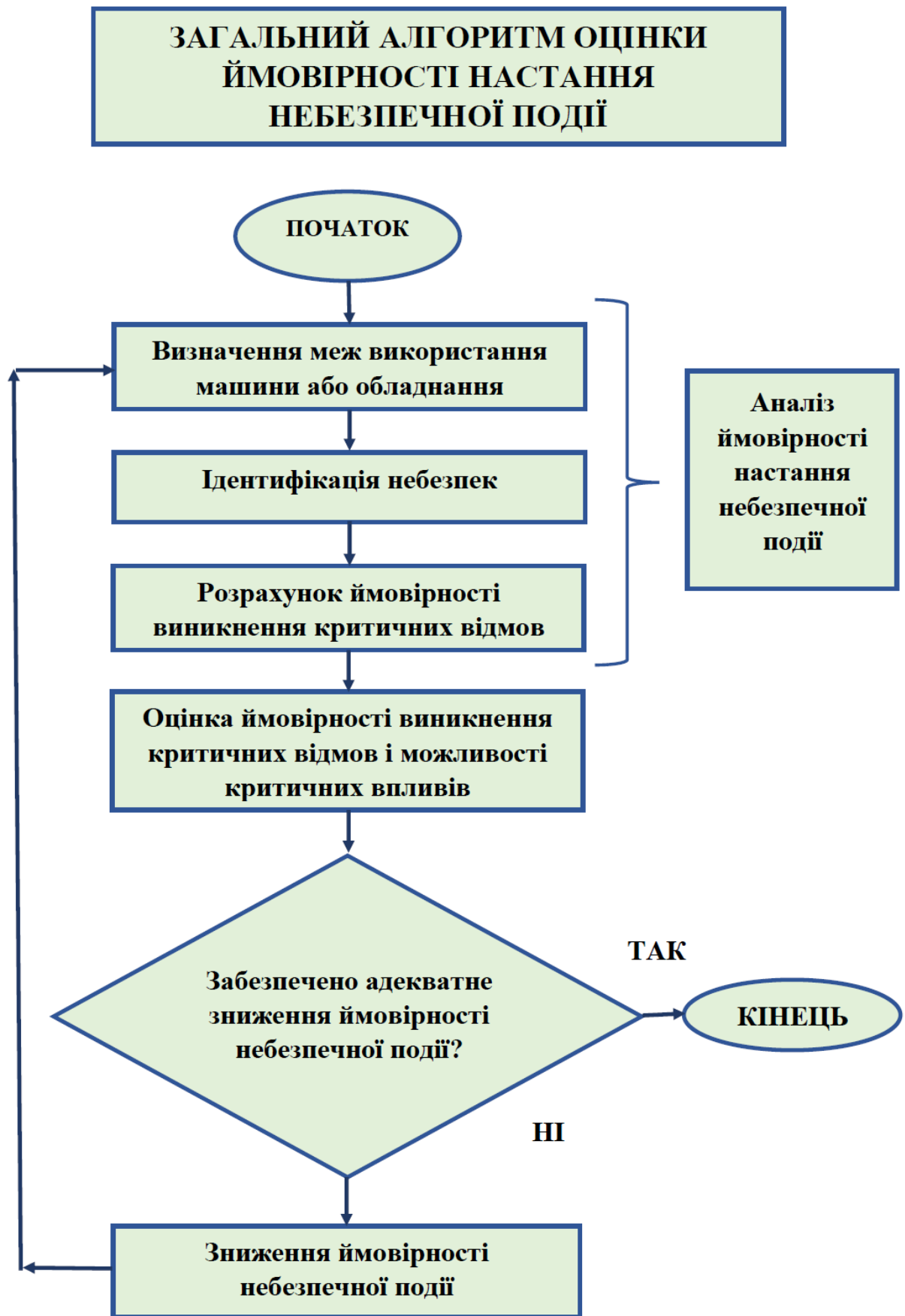


Рис. 2. Загальний алгоритм оцінки ймовірності настання небезпечної події

Аналіз ризику або ймовірності настання небезпечної події проводять для збору інформації, що необхідна для оцінки, яка, у свою чергу, є підставою для вирішення необхідності запровадження відповідних заходів щодо зниження ризику або ймовірності настання небезпечної події. Це рішення має бути підтверджено з використанням якісного або, якщо це можливо, кількісного методу розрахунку ризиків, які пов'язані із джерелами небезпек, характерними для машини або устаткування.

Слід зазначити, що використання кількісного методу розрахунку ступеня ризику або ймовірності настання небезпечної події потребує наявності значної кількості відповідних вихідних даних. У більшості випадків, цих даних, як правило, може бути недостатньо і саме тому можливості цього підходу досить обмежені. У цих випадках допускається проведення оцінки із застосуванням лише якісних методів розрахунку. Також оцінку слід проводити з урахуванням можливості документування наступних дій та досягнутих за їх допомогою результатів.

**Висновки.** Проведений у даній роботі (Ч. I та Ч. II) аналіз сучасних вимог стандартів ISO 14121 та ISO 12100 щодо забезпечення прийняттого рівня безпеки машин та устаткування, а також особливостей оцінки ризиків та ймовірності виникнення небезпечних подій, дозволяє виокремити ті найважливіші вимоги й параметри, які необхідно забезпечити для отримання максимально високого рівня безпеки машин та устаткування на всіх етапах їх життєвого циклу.

## Література

5. ISO 14121-1:2007 «Safety of machinery – Risk assessment – Part 1: Principles».

6. ISO/TR 14121-2:2007 «Safety of machinery – Risk assessment – Part 2: Practical guidance and examples of methods».

7. ISO 12100:2010 «Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction».

8. ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT)».