

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра охорони праці, промислової
та цивільної безпеки**

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8 (РТФ, ІТС)

з дисципліни «Охорона праці та цивільний захист»

Тема роботи:

***«Оцінка необхідного рівня безпеки машин та механізмів
за параметрами ризику виникнення небезпечних
ситуацій при їх експлуатації»***

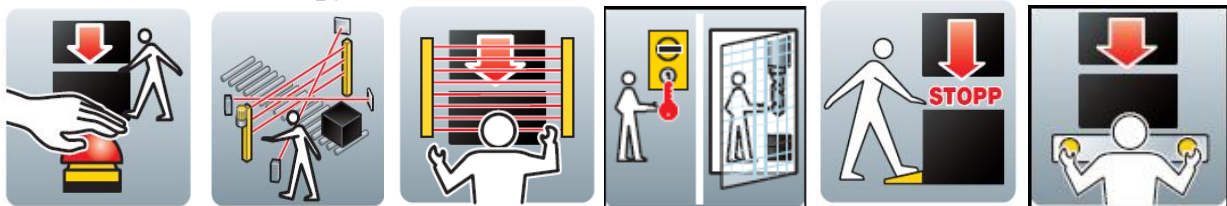
Укладач: канд. техн. наук, доцент Каштанов Сергій Федорович
Затверджено на засіданні кафедри ОПЦБ протокол № 1 від 30.08.2018 р.

Мета даної роботи: отримання необхідних практичних навичок щодо вміння виконати попередню оцінку необхідного рівня безпеки проєктованих машин та механізмів, систем їх управління та контролю в залежності від параметрів ризику виникнення небезпечних ситуацій, які можуть мати місце при їх експлуатації.

Теоретичні положення

Згідно з існуючими вимогами європейського та українського законодавств у сфері виробничої та промислової безпеки [1-5], будь яке виробниче обладнання в залежності від умов його експлуатації повинно забезпечувати виконання відповідних функцій безпеки, а також мати відповідні гарантії щодо можливості їх забезпечення.

До основних функцій безпеки можна віднести:



- зупинення обладнання у разі виникнення аварійної ситуації;
- блокування захисних бар'єрів /огорожень/;
- захист від перезапуску обладнання у разі відключення живлення від електромережі;
- створення захисних світлових бар'єрів;
- двопозиційне (дворучне) управління тощо.

Основні нормативні документи, що регламентують вимоги безпеки до машин та механізмів, це Directive 2006/42/EC, EN 954-1 (ДСТУ EN 954-1:2003), EN ISO 13849-1 (ДСТУ EN ISO 13849-1-2016), IEC 62061 та інші діючі у цій сфері гармонізовані стандарти та відповідні Директиви та Технічні регламенти України та Європейського Співтовариства.

В першу чергу, визначення показників безпеки виробничого обладнання повинно здійснюватися за наступними стандартами:

1. **EN 954-1** «Safety of machinery SRP/CS. General principles for design» - «Безпека машин. Загальні принципи проектування».

**Примітки:*

а) Застосовується детерміністський (якісний) підхід щодо визначення показників функції безпеки;

б) для того, щоб класифікувати показники функції безпеки при роботі обладнання, використовується такий параметр, як категорія безпеки.

Категорії безпеки згідно EN 954-1 (Вимоги):

B - (Системи захисту/управління та компоненти)

1 - Додатково до "B" (Перевірені компоненти і принципи, що відповідають вимогам безпеки).

2 - Додатково до "B" (Перевірка функцій безпеки системою управління через необхідні інтервали /тестування та діагностика/).

3 - Додатково до "B" (Відмовостійкість та виявлення несправностей при відповідному рівні технічних засобів).

4 - Додатково до "B" (Відмовостійкість та виявлення несправностей, а також відсутність небезпеки накопичення несправностей).

2. **EN ISO 13849-1/-2** «Safety of machinery - Safety-related parts of control systems» - «Безпека машин - Безпека, що пов'язана з елементами систем управління».

Part 1: «General principles for design» – «Загальні принципи конструювання».

Part 2: «Validation» - «Перевірка».

**Примітки:*

а) На відміну від EN 954-1, в якому використаний детерміністський (якісний) підхід, в EN ISO 13849-1 використовується ймовірнісний підхід, що дозволяє реалізувати кількісний розгляд показників функції безпеки.

б) Для того, щоб класифікувати показники функції безпеки при роботі обладнання використовується п'ять значень рівнів експлуатаційної безпеки PLs (a, b, c, d, e), які визначаються середніми значеннями ймовірності небезпечних відмов за годину. Рівень «а»: вклад функцій управління в зниження ризику найбільш низький, а на рівні PL «e» - найбільш високий.

в) Остаточна перевірка всіх захисних заходів, що забезпечують надійне виконання передбачених функцій безпеки, є обов'язковою складовою частиною EN ISO 13849-2.

3. **IEC 62061** «Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems» - «Безпека машин. Функціональна безпека, що пов'язана з безпекою електричних, електронних та програмованих систем управління».

**Примітка:* У загальному випадку IEC 62061, як і EN ISO 12100-1, є начебто альтернативою стандарту EN ISO 13849-1. Рівень безпеки обладнання згідно IEC 62061 визначається трьома рівнями так званої повноти безпеки SIL - «Safety Integrity» (1, 2, 3).

При визначенні показників безпеки, на додаток до стандартів EN ISO 13849-1/-2 і IEC 62061, необхідно також використовувати:

1. **EN ISO 12100-1/2** «Safety of machinery General principles for design and risk evaluation. Basic concepts»

ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Загальні принципи проектування та оцінки ризику. Базові концепції».

2. **EN ISO 14121-1** «Principles for risk assessment» - «Принципи оцінки ризику».

Необхідно зазначити, що застосування будь-яких захисних заходів, які використовуються для усунення існуючих небезпек та зниження рівнів можливих ризиків, повинно здійснюватися в певній послідовності у відповідності до вимог EN ISO 12100-1, що проілюстровано на рис.1.

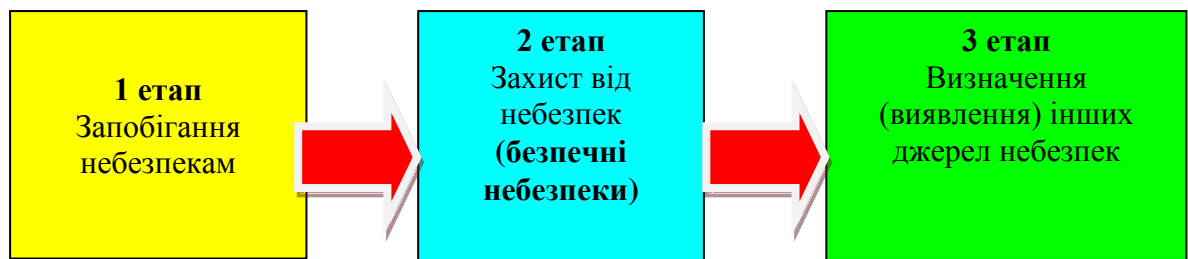


Рис.1. *Послідовність виконання захисних заходів згідно з EN ISO 12100-1*

1 етап. Запобігання небезпекам: усунення існуючих небезпек та зниження рівнів можливих ризиків за рахунок відповідних конструктивних заходів на етапі проектування та розробки машини.

2 етап. Захист від небезпек: зниження рівнів можливих ризиків за рахунок введення необхідних захисних заходів.

3 етап. Визначення (виявлення) інших джерел небезпек: зниження рівнів можливих ризиків за рахунок надання додаткової необхідної інформації /попереджень/ про залишкові ризики.

Якщо остаточний результат 1 етапу "Запобігання небезпекам" не призводить до достатнього зниження рівнів можливих ризиків відповідно до вимог EN ISO 12100-1, то ітераційний процес при проектуванні відповідно до вимог ISO 13849-1 або IEC 62061 повинен бути використаний також і на 2 етапі – "Безпечні небезпеки".

Ті частини систем управління машиною, які вирішують завдання безпеки, визначені в міжнародних стандартах, як "частини, що пов'язані з безпекою в системах управління" - "safety-related parts of control systems" (SRP/CS). Відповідно до вимог обох стандартів (ISO 13849-1 та IEC 62061) необхідні функції безпеки повинні бути забезпечені саме SRP/CS.

Як вже було сказано раніше, згідно із стандартом EN ISO 13849 для класифікації показників функції безпеки при роботі обладнання використовується п'ять значень рівнів експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e), які визначаються середніми значеннями ймовірності небезпечних відмов за годину. Рівень «a»: вклад функцій управління в зниження ризику найбільш низький, а на рівні PL «e» - найбільш високий.

Алгоритм визначення необхідного рівня експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) за стандартом EN ISO 13849 наведений на рис.2.

На рисунку 3 наведений взаємозв'язок ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) і рівня експлуатаційної безпеки PL (EN ISO 13849).

Рівень a = найнижчий рівень ризику (low risk)
Рівень e = найвищий рівень ризику (high risk)

Параметри ризику:
(Risk parameters):

S - тяжкість травми
S1 невеликі (зазвичай виліковні травми)

S2 серйозні (як правило, невиліковні) травми

F – частота і/або час дії небезпеки

F1 – рідко, не дуже часто і/або короткострокова дія

F2 – часто, скоріше безперервно і/або довгострокова дія

P - можливість уникнути небезпеки або обмеження нанесеної шкоди

P1 – можливо при певних умовах

P2 - навряд чи можливо (малоймовірно)

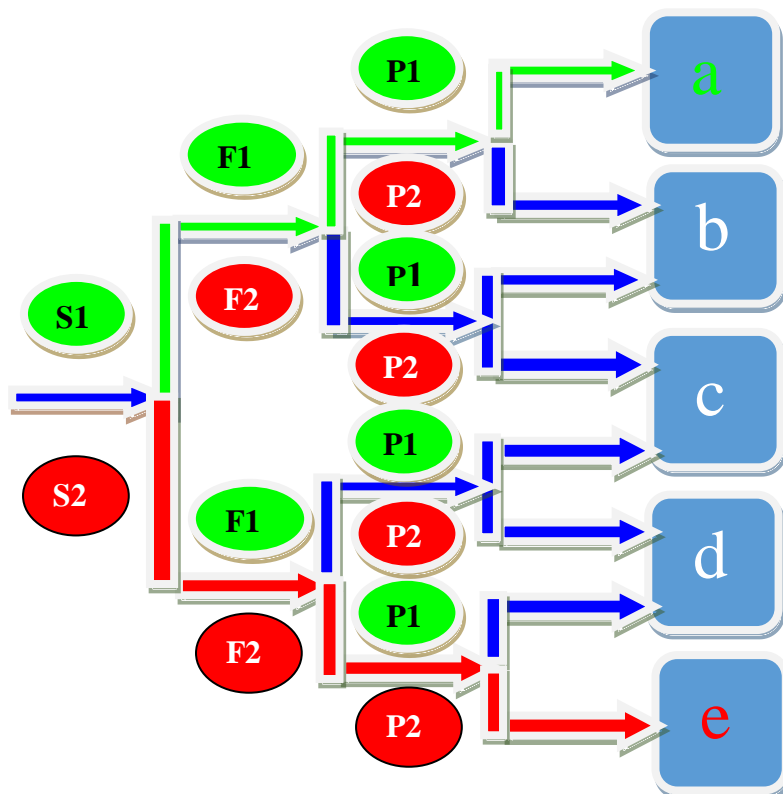


Рис.2. Алгоритм визначення необхідного рівня експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) за стандартом EN ISO 13849

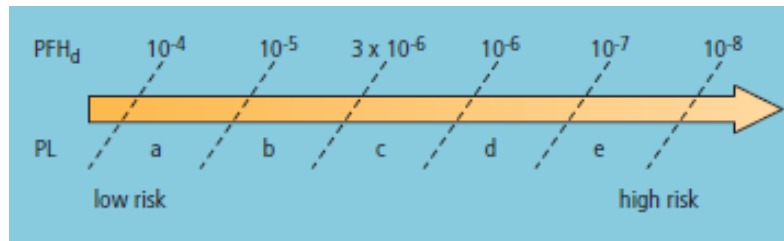


Рис.3. Взаємозв'язок ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) і рівня експлуатаційної безпеки PL – EN ISO 13849

Системи управління, які пов'язані з безпекою окремих блоків обладнання, повинні забезпечувати послідовне виконання наступних функцій безпеки:

- прийом вхідного сигналу безпеки (датчик);
- обробка сигналу безпеки (логіка);
- подача сигналу на виконавчі пристрої (привід).

Кінцева мета полягає в розробці такої системи управління і контролю, яка забезпечила би передбачені функції безпеки управління в разі виникнення несправностей чи аварій, а також необхідний рівень зниження можливих ризиків.

Що стосується проектування архітектури системи управління і визначення досягнутого рівня повноти безпеки (SIL) згідно з вимогами IEC 62061, то рівень повноти безпеки (SIL) згідно з IEC 62061 базується на наступних параметрах, які повинні бути визначені для кожної із підсистем:

- граничні SIL вимоги (SIL CL) – /SIL claim limit /;
- ймовірність небезпечної відмови протягом години (PFHd) – /Probability of a dangerous failure per hou/;
- тривалість життя – Life time.

Та як підсистеми можуть бути створені з різних компонентів (підсистеми елементів), то при визначенні значення PFHd необхідно, в першу чергу, визначити наступні характеристики для кожного з використовуваних елементів:

- інтенсивність небезпечних відмов за годину – λ_d ;
- загальна інтенсивність відмов за годину – λ .

Взаємозв'язок ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) і рівня повноти безпеки SIL (IEC 62061) наведений на рис.4.

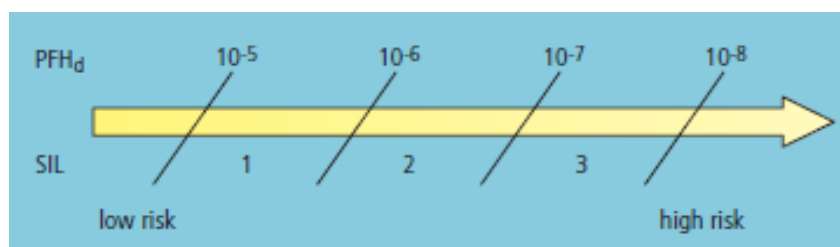


Рис.4. Взаємозв'язок ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) і рівня повноти безпеки SIL – IEC 62061.

Завдання № 1 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :
(Risk parameters):

S - тяжкість травми: невеликі (зазвичай виліковні травми);

F – частота впливу небезпеки: рідко, не дуже часто;

P - можливість уникнути небезпеки: малоімовірно.

**Примітки:*

1. Рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 1 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

1. При визначенні ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 1 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

1. При визначенні рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 2 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :
(Risk parameters):

S - тяжкість травми: невеликі (зазвичай виліковні травми);

F – час впливу небезпеки: короткострокова дія;

P - обмеження нанесеної шкоди: можливо при певних умовах.

**Примітки:*

- 1. Рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 2 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

- 1. При визначенні ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 2 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

- 1. При визначенні рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 3 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :

Параметри ризику:

(Risk parameters):

S - тяжкість травми: невеликі (зазвичай виліковні травми);

F – частота впливу небезпеки: часто, скоріше безперервно;

P - можливість уникнути небезпеки: можливо при певних умовах.

**Примітки:*

- 1. Рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 3 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як

ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

1. При визначені ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.
2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 3 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

1. При визначені рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.
2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 4 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :

Параметри ризику:

(Risk parameters):

S - тяжкість травми: серйозні (як правило, невиліковні) травми;

F – частота впливу небезпеки: рідко, не дуже часто;

P - можливість уникнути небезпеки: навряд чи можливо (малоймовірно).

**Примітки:*

1. Рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.
2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 4 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

1. При визначені ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.
2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 4 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

- 1. При визначенні рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 5 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки PL (а, b, с, d, е) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :

Параметри ризику:

(Risk parameters):

S - тяжкість травми: невеликі (зазвичай виліковні травми);

F – час впливу небезпеки: довгострокова дія;

P - обмеження нанесеної шкоди: малоїмовірно.

**Примітки:*

- 1. Рівень експлуатаційної безпеки PL (а, b, с, d, е) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 5 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

- 1. При визначенні ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 5 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

- 1. При визначенні рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.*
- 2. Отримані результати занести до таблиці 1.*

Завдання № 6 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :

Параметри ризику:

(Risk parameters):

S - тяжкість травми: серйозні (як правило, невиліковні) травми;

F – частота впливу небезпеки: рідко, не дуже часто;

P - обмеження нанесеної шкоди: можливо при певних умовах.

**Примітки:*

1. Рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 6 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

1. При визначенні ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 6 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

1. При визначенні рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 7 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки PL (a, b, c, d, e) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :

Параметри ризику:

(Risk parameters):

S - тяжкість травми: серйозні (як правило, невиліковні) травми;

F – частота впливу небезпеки: часто, скоріше безперервно;

P - можливість уникнути небезпеки: малоімовірно.

**Примітки:*

1. Рівень експлуатаційної безпеки *PL* (a, b, c, d, e) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 7 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

1. При визначенні ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 7 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

1. При визначенні рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 8 (а)

Згідно із приведеними вихідними даними визначити необхідний рівень експлуатаційної безпеки *PL* (a, b, c, d, e) виробничого обладнання за стандартом EN ISO 13849.

Вихідні дані для розрахунку:

Параметри ризику при експлуатації виробничого обладнання :

Параметри ризику:

(Risk parameters):

S - тяжкість травми: серйозні (як правило, невиліковні) травми;

F – час впливу небезпеки: довгострокова дія;

P - обмеження нанесеної шкоди: можливо при певних умовах.

**Примітки:*

1. Рівень експлуатаційної безпеки *PL* (a, b, c, d, e) визначається за алгоритмом, приведеним на рис. 1.

2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 8 (б)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (а) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384.

**Примітки:*

1. При визначенні ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) за стандартом EN ISO 1384 користуватися діаграмою на рис. 3.
2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Завдання № 8 (в)

Згідно із результатами, отриманими при виконанні попереднього завдання № 1 (б) визначити такий параметр безпеки виробничого обладнання, як рівень повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061.

**Примітки:*

1. При визначенні рівня повноти безпеки (SIL) за стандартом IEC 62061 користуватися діаграмою на рис. 4.
2. Отримані результати занести до таблиці 1.

Таблиця 1. Параметри безпеки виробничого обладнання.

№ завдання	Рівень експлуатаційної безпеки (PL) /EN ISO 13849/	Ймовірність небезпечної відмови за годину (PFHd) /EN ISO 1384/	Рівень повноти безпеки (SIL) /IEC 62061/
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Завдання № 9

З урахуванням результатів, приведених у таблиці 1, визначити існуючий взаємозв'язок таких показників безпеки для виробничого обладнання, як PL і SIL за стандартами EN ISO 13849 та IEC 62061.

**Примітка:* Заповнити відповідний стовпчик таблиці 2.

Таблиця 2. Взаємозв'язок основних показників безпеки (PFHd, PL і SIL)

Рівень експлуатаційної безпеки PL /EN ISO 13849/	Рівень повноти безпеки SIL /IEC 62061/
a	
b	
c	
d	
e	

Примітки: 1. **a – вклад функцій управління в зниження ризику є найбільш низьким;*

*2. **e** – вклад функцій управління в зниження ризику є найбільш високим.*

Література

1. ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування оцінювання ризиків та зменшення ризиків».
2. ДСТУ EN 954-1:2003 «Безпечність машин. Елементи безпечності систем керування. Частина 1. Загальні принципи проектування».
3. ДСТУ EN ISO 13849-1:2016 «Безпечність машин. Деталі систем управління, пов'язані з забезпеченням безпеки. Частина 1. Загальні принципи проектування».
4. IEC 62061 «Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems».