

Міністерство освіти та науки України

Галузь наук Цивільна безпека

Спеціальність: «Охорона праці»

Студентська наукова робота

на тему:

«Управління техногенним ризиком на робочих місцях підприємства»

Шифр роботи: **«управління ризиком»**

Анотація наукової роботи

на тему:

«Управління техногенним ризиком на робочих місцях підприємства»

Шифр роботи: «**управління ризиком**»

Актуальність: Згідно вимог європейських стандартів оцінки ризиків на робочих місцях та необхідності ризик-орієнтованого підходу до питань безпеки праці на промислових підприємствах галузей України головну увагу слід звертати на підвищення рівня безпеки виробничого обладнання.

Мета роботи. Розробка методики моделювання сценаріїв аварійних та небезпечних ситуацій на робочих місцях підприємства за допомогою методів аналізу безпеки.

Завдання роботи:

- розглянути теоретично застосовуваність ризик-орієнтовного підходу до безпеки праці;
- використати метод стадійності в оцінці виробничих ризиків;
- за даними побудувати формалізовані моделі «дерева відмов» і «дерева подій» для конкретної виробничої установки, робочого місця;

Методи досліджень. Використовували методи системного аналізу безпеки – «дерево відмов», «дерево подій».

Загальна характеристика роботи. Студентська наукова робота: 3 розділи, 29 с., 1 рис., 1 табл., 2 дод., 12 джерел.

АНАЛІЗ РИЗИКУ, «ДЕРЕВО ВІДМОВИ», «ДЕРЕВО ПОДІЙ», НЕБЕЗПЕЧНИЙ ВИРОБНИЧИЙ РИЗИК, РОБОЧЕ МІСЦЕ.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Ризик-орієнтований підхід до безпеки праці на виробничому обладнанні.....	5
1.1 Необхідність кількісної оцінки ризику.....	5
1.2 Огляд наукових підходів до оцінки та управління ризиком на виробництві.....	6
2. Характеристики небезпечних виробничих чинників.....	9
2.1 Причини небезпечних виробничих ризиків.....	9
2.2 Оцінка ризиків, які призводять до утворення виробничого травматизму (приклад).....	10
3. Застосування логіко-імовірнісного методу для підвищення безпеки пункту зливу.....	14
3.1 Процедура побудови «дерев відмови» та «дерева подій».....	14
3.2 Оптимізація рівня ризику на робочому місці (зливний пункт).....	18
3.3 Заходи щодо захисту персоналу та безпеки функціонування виробничого обладнання.....	20
Висновок.....	24
Список використаної літератури.....	27
Додаток А «Дерево відмов» установки для зливу ацетону (робоче місце оператора).....	29
Додаток Б «Дерево подій» після відмови становки для зливу	30

ВСТУП

Для будь-якого підприємства в контексті ризик-орієнтованого підходу до безпеки необхідно розробляти систему управління безпекою функціонування виробництва, заснованої на визначенні ступеня ризику з наступною розробкою заходів безпеки, які впроваджуються на виробництві.

На сьогодні актуальним є питання аналізу, прогнозування та оцінки ризиків виникнення небезпечних та аварійних ситуацій на промислових підприємствах в залежності від специфіки функціонування. Практичне застосування результатів таких досліджень використовують при розробці документації, яка визначає ступінь небезпеки відповідних об'єктів, прийняття обґрунтованих рішень щодо зниження ризику небезпеки, запобігання аварійним ситуаціям та своєчасного реагування у разі їх виникнення.

В цілому оцінка ризику виникнення аварійних, небезпечних ситуацій на промислових підприємствах містить організацію та виконання наступних завдань:

1. визначення і обґрунтування цілей і завдань аналізу ризику виникнення аварій або аварійних ситуацій;
2. аналіз специфіки технологічного регламенту підприємства;
3. визначення можливих джерел небезпеки;
4. визначення всіх подій, які можуть бути причинами виникнення аварій або аварійних ситуацій;
5. визначення можливих виразних факторів, що виникають під час аварій або аварійних ситуацій;
6. оцінка ймовірності виникнення аварій та / або аварійних ситуацій;
7. Розробка та дослідження можливих сценаріїв розвитку можливих аварій або аварійних ситуацій [2].

1 Ризик-орієнтований підхід до безпеки праці на виробничому обладнанні

1.1 Необхідність кількісної оцінки ризику

Розробка державних стандартів [1-5], методики декларування небезпек [6] на базисі європейських стандартів менеджменту ризику дозволили розробити основні методичні принципи аналізу показників ризику, включаючи індивідуальний, соціальний, колективний, потенційний територіальний ризику і очікуваний збиток. При цьому, результати дослідження сучасного рівня методології аналізу ризику для практичного застосування показують, що, в основному, вся концепція методичних основ будується на принципах якісної експертної оцінки небезпечних ситуацій. Методологічні прийоми кількісної оцінки показників ризиків в процесі експлуатації виробничого обладнання, зокрема в межах технологічного регламенту якості знаходяться в стадії розробки і на даний момент не впроваджені в систему нормативно-правових та методичних основ промислової безпеки. [1,2]. Слід зазначити, що в цих документах практично не міститься методології кількісної оцінки небезпек. В основному, викладені принципи, вимоги та рекомендації щодо проведення аналізу небезпек і ризику на якісному рівні.

Складність полягає в тому, що в процесі розвитку небезпечних, аварійних ситуацій, аварій, фактичних проявів її чинників впливу на параметри області шкоди при необхідності прогнозу на основі вже ретроспективних даних або в модельному поданні за допомогою прикладних програм, є набір альтернативних варіантів, сценаріїв розвитку. При цьому кожному такому альтернативному рішення відповідають свої наслідки, збитки (економічні, соціальні, матеріальні, людські) відповідно до загальних критеріїв властивим всім небезпекам [1].

До сих пір на практиці використовують, як правило, детерміновані методи розрахунків обстановки, що обґрунтовується складністю обліку всіх факторів впливу (а їх може бути більше десятка), зводить їх до комплексної формалізованої фактичної оцінки [4]. Так відомо, що процесам розвитку, наприклад хімічної обстановки на об'єкті економіки з експлуатації. Зберіганні, переробки хімічних речовин при викиді (розливі), в умовах навіть невеликих підприємств де використовуються підземні сховища для зливу або резервуарів, що працюють під тиском, ємностей встановлених групою вільно або з обвалуванням, властиво наступне: складність обліку всіх компонентів течії, значна розпорошеність поширення в просторі і часі, необхідність врахування аспекту екстраполяції з метою прогнозування в часі, необхідність врахування кількісних характеристик при наявності різноманітних факторів впливу [9].

Водночас вимоги потребують необхідності дотримуватися фіксованих значень і нівелювати похибок при розрахунках, так як це неприпустимо з точки зору заощадження людських і матеріальних ресурсів [10]. Так, фактичні значення параметрів зараження отруйними хімічними речовинами в реальній виробничій практиці може бути завищена або занижена при широких межах варіювання і навпаки, наприклад, при вузьких межах - будуть факти її мінімізації та подальші труднощі обліку всіх значимих параметрів і відповідно критеріїв [3]. Відсутність оцінки ризику на підприємствах може привести до катастрофічних наслідків, наприклад, до руйнування будівель, споруд в промисловій зоні при пожежах, вибухах, а утворення хімічного, радіаційного зараження супроводжується величезним матеріальним збитком і навіть загибеллю персоналу, мешканців житлової забудови.

1.2 Огляд наукових підходів до оцінки та управління ризиком на виробництві

Огляд наукових публікацій показує, що все більшого поширення набуває такий підхід до визначення ризику несприятливого події, який

враховує не тільки ймовірність цієї події, але також всі його можливі наслідки [7,8]. Ймовірність події або процесу тут виступає одним з компонентів ризику, а міра наслідків (шкоди) - іншим. Таке двовимірне визначення ризику використовується при кількісному оцінюванні ризику. Однак існує й інший підхід до визначення ризику - багатовимірний. Він заснований на численних чинниках, відповідальних за сприйняття ризику і, що впливають на прийняття пов'язаних з ризиком рішень.

Згідно Стандарту [3] ризик - це поєднання ймовірності нанесення шкоди і тяжкості цієї шкоди.

За ДСТУ ISO Guide 73-2013 [5] ризик - це поєднання ймовірності появи небезпечної події і тяжкості травми або шкоди для здоров'я, викликаних цією подією.

Наслідки реалізації небезпеки характеризуються такими ознаками: величина шкоди, масштаб поширення наслідків, вид шкоди, характер наслідків, тривалість їх прояви, вид наслідків тощо.

У ряді випадків просторову і тимчасову залежності ймовірності прояви небезпеки можна розглядати окремо один від одного. Тоді, відповідно до теореми множення ймовірностей, ймовірність небезпеки P можна представити у вигляді добутку:

$$P = P_s \cdot P_T \quad (1.1)$$

де, P_s і P_T - відповідно ймовірності небезпеки, що залежать від просторових і часових характеристик.

У сучасному уявленні ризик R визначається як математичне очікування певної величини збитку, тобто як добуток ймовірності (частоти) виникнення негативної події (1 / рік) на величину певною мірою шкоди Y , визначеної в умовних одиницях [8]:

$$R = P \cdot Y \quad (1.2)$$

За [5] ризик в найзагальнішому вигляді є показником кількісної міри небезпеки тієї чи іншої несприятливої події (нешасного випадку,

професійного захворювання) і визначається як поєднання двох функцій - функції міри наслідків S несприятливої події і функції частоти (ймовірності) H її появи. На практиці прийнято оперувати детермінованими значеннями S і H . Тоді ризик розглядається як функція $R = f / (S, H)$ і як правило записується у вигляді формули:

$$R = S \cdot H \quad (1.3)$$

Згідно [4], професійна діяльність за ризиком загибелі людини ділиться на чотири категорії безпеки:

- безпечна ($R < 10^{-4}$);
- відносно безпечна ($R = 10^{-4} \dots 10^{-3}$);
- небезпечна (R становить понад 10^{-3} до 10^{-2});
- особливо небезпечна ($R > 10^{-2}$).

Очевидно, що успіх роботи по зниженню рівня ризиків безпосередньо залежить від продуктивності дій з управління цим специфічним видом діяльності.

За міжнародним стандартом ISO 31000:2009 поширеним підходом до оцінки професійних ризиків є розбиття на етапи (кроки) [12, с.12]:

1. Ідентифікація небезпек, що призводять до ризику (потенційні небезпеки, шкода працівникам);
2. Оцінювання та «ранжирування» ризиків (їх серйозність, їх імовірність та ін.), розподіл за важливістю;
3. Визначення превентивних заходів;
4. Вживання заходів;
5. Моніторинг та перевірка.

2 Характеристики небезпечних виробничих чинників

2.1 Причини небезпечних виробничих ризиків

Причини виробничих ризиків на виробництві можуть бути організаційного характеру, технічного, санітарно-гігієнічного, психофізіологічного.

Наприклад, до організаційних причин відносяться наступні:

- невірна організація праці (нераціональний режим роботи, надмірна тривалість робочого дня, висока інтенсивність праці, тривала вимушена тривалість положення тіла при виконанні одноманітних дій);
- невірне розміщення обладнання, неналежне утримання робочих місць, захаращення території виробничого приміщення обладнанням, інструментом, невідповідність проходів, проїздів нормативам;
- недостатнє навчання працівників або невідповідність працюючого, виконуваних робіт;
- порушення технологічного режиму, застосування небезпечних методів роботи, нескоординованість дій працюючих, використання невідповідного інструменту, обладнання, пристосувань;
- відсутність попередження про небезпеку, недостатність інформації, неякісне обладнання або відсутність індивідуальних засобів захисту [9].

2. Технічні причини аварійності:

- недоліки технологічного процесу;
- відсутність огорожень, запобіжних пристроїв, сигналізації або їх несправність, невідповідність при експлуатації нормативам;
- конструктивні недоліки технічних засобів, застарілість, відмови технічних пристроїв, виробничого обладнання;

3. Санітарно-гігієнічні причини:

- аномальні значення метеорологічних параметрів (температура, вологість, швидкість руху повітря, атмосферний тиск);

- забрудненість повітря.

2.2 Оцінка ризиків, які призводять до утворення виробничого травматизму (приклад)

Розглянемо на прикладі важливість розробки рішень із застосуванням ризик - орієнтованого підходу для підвищення безпеки на прикладі пунктів зливу ацетону.

Застосовуючи метод визначення ризику аварій на промисловій установці, зокрема логіко-імовірнісний, можна визначити ймовірні втрати в результаті небезпечної події випадків відмови [2]. Відповідно це дозволить зменшити ймовірність подій, автоматично зменшуючи ймовірність виходу з ладу технічної системи, що дозволить знизити ймовірність відмов технологічного обладнання, зменшити ризик пожеж і вибухів, виробничий травматизм на пунктах зливу і зберігання хімічних речовин, а значить підвищити безпеку.

В роботі розглядаємо діючу установку в системі зливу-наливної пункту з ацетоном (реалізація і відвантаження готових продуктів).

Злив небезпечної речовини (ацетону) відбувається з цистерн ємністю 100 м³.

Між оператором - зливником і оператором працюючим за пультом управління установкою (близько приймача) є зв'язок. Так, зливник вмикає аварійну сигналізацію для оператора на пульті після виявлення проливу ацетону.

Майданчик спланований для зливу після протоків в підземну ємність - сховище. Вручну вмикають дощувальну установку для розчинення продукту. Продуктивність пункту зливу 200 цистерн/рік.

На рис.2.1 представлена схема зливу небезпечної речовини з цистерни з позначеннями. Можуть бути варіанти розгерметизації (протоки дизельного

палива) в разі переповнення сховища (підземної ємності), порушення стінок цистерни.

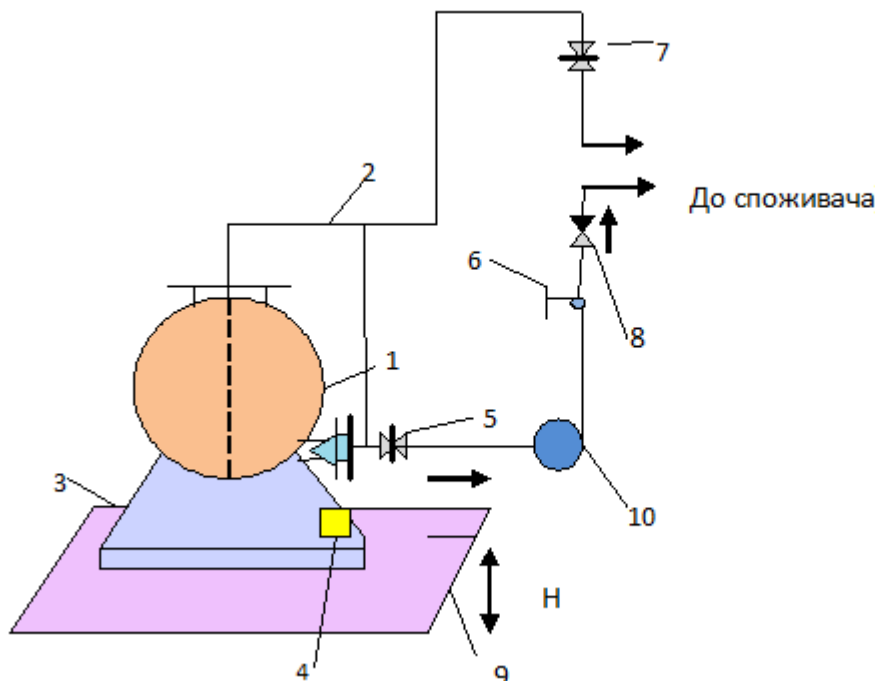


Рисунок 2.1 - Схема установка для злиття рідкого палива з цистерни в приймач для споживання

1 – цистерна з паливом; 2 – сифон; 3 – пункт зливу; 4 – датчик виявлення протоки; 5, 7 – засувки; 6 – кран запірний (ручний); 8 – зворотній клапан; 9 – підземна ємність (сховище); 10 – відцентровий насос.

Важливою умовою безпечної експлуатації ємнісних апаратів, ємностей, обв'язують їх трубопроводів експлуатуються на підприємстві є швидке і надійне звільнення їх від рідин або газу під час ремонтів і аварійних ситуаціях. Оптимальним рішенням є така технологічна схема, при якій рідкий продукт може бути скинутий без будь-яких додаткових тимчасових пристроїв відразу в аварійну ємність [9, с.222], проміжну ємність або в технологічний апарат, а газ, в залежності від його обсягу і властивостей, викинутий через свічку, вилучений в закриту ємність або спрямований в факельну систему на спалювання. Якщо технологічною схемою не забезпечується така можливість, то повинна бути заздалегідь передбачена

тимчасова обв'язка для найбільш зручного і швидкого видалення продукту, що необхідно при ремонті, огляді і перевірці пристроїв.

Для запобігання аварійних ситуацій на таких установках найчастіше застосовують зворотні клапани, що забезпечують проходження рідини або газу в одному напрямку і перешкоджають непередбачених руху продукту, що знаходиться під великим тиском, в сторону більш низького тиску [9, с.225].

Велике значення має число і розміщення запірної арматури на трубопроводах. З одного боку, у всіх запірних пристроях відбувається дроселювання середовища, і вони є потенційними джерелами газовиділення, з іншого боку - вони дозволяють підвищити оперативність управління процесом і зменшити пожежну небезпеку, оскільки дають можливість членування окремих ділянок виробничої системи.

При зливі ацетону з цистерни спочатку потрібно закрити кран перед насосом вручну, відкрити засувки на лінії перед приймачем 7 (рис.2.1) і перед відцентровим насосом 5 і, тоді в рідкому стані паливо надходить в шланг гусака.

Можливий розвиток аварійної ситуації коли, при перекритті засувки 5 і 7 (рис. 2.1), при відсутності зв'язку між оператором на пункті зливу і оператором (на пульті) близько приймача на лінії трубопроводу відбувається скидання тиску (в пристрої нижнього спуску) через піднятий запобіжний клапан 8. Якщо закрити засувку 5, а залишити відкритою засувку 7 на всмоктуванні відцентрового насоса, то надлишковий тиск на трубопроводі на ділянці не буде скинуто на ділянці від крана до приймача. З засувки може з величезною швидкістю і утворенням вогняної кулі, факельної струменя вийти назовні рідина.

В даній установці відсутнє оглядове вікно для візуалізації появи рідкого палива (що може призвести до надмірного забору і переливу приймача) і вакуум-насос необхідний для зарядки гусака (що могло б сприяти безпеці праці оператора - зливника). Наявність тиску при переміщенні по магістралі палива може викликати викид з цистерни або

розлив з втратою герметизації з усієї цистерни з надзвичайною ситуацією і утворенням хмари зараженого повітря. Після відкриття засувки 5 включають відцентровий насос 10, яким паливо по трубопроводу переливається в приймач. Виходить що несприятлива ситуація може бути при раптовій зупинці насоса, що створює напір.

Необхідно враховувати барометричний стовп при взаємному розміщенні цистерни і трубопроводу подачі до приймача з запірною арматурою. Якщо цистерна розташована, нижче трубопроводу, повітря з системи по трубопроводу міг би втечуть через вакуум - пастку, але її в даній установці немає. При розташуванні цистерни вище трубопроводу або при наявності на трубопроводі водяних мішків теж слід встановлювати хоча - би повітряні крани.

У відсутності на трубопроводі по ходу слідування ацетону вакуумної пастки може привести збільшення парів і можливої аварії з викидом і загорянням в навколишнє середовище. Пропонуємо на основі технічних рішень використовувати зворотний клапан, як пристрій для скидання надлишкового тиску. Він не дозволить паливу, яке знаходиться в трубопроводі високого тиску пройти іншим шляхом руху в область низького тиску, а також застосування установок уловлювання парів при зливо-наливної операціях.

Тепловими джерелами запалювання можуть бути: відкритий вогонь, електрична іскра або дуга, іскри, що утворюються при терті або ударі, незгорілі частки палива, горюча суміш з підвищеною температурою (що утворилася при хімічних процесах), нагріті поверхні та ін.

3. Застосування логіко-імовірнісного методу для підвищення безпеки пункту зливу

3.1 Процедура побудови «дерев відмови» та «дерева подій»

Одним з перспективних методів кількісного аналізу небезпеки та надійності систем є метод «дерева відмови». Цінність використання методу «дерева відмов» для оцінки небезпечних виробничих ризиків полягає в наступному:

- метод дозволяє спеціалісту глибоко проаналізувати кількісні та якісні аспекти безпеки, надійності;
- провести аналіз нещасних випадків;
- провести оцінку небезпеки технологічних процесів;
- провести оцінку екологічного впливу різних процесів;
- вибір правильних управлінських рішень при оцінці ситуацій за допомогою моделі «дерева рішень»;
- отримати графічний наочний матеріал для практичного керівництва ведення безпечних робіт і т.д.

В процесі побудови дерева відмов можна виділити два основних аспекти:

- а) визначення та опис типів відмов і збоїв;
- б) визначення послідовності або комбінації відмов як між собою, так і з «нормальними» подіями, що приводять в кінцевому рахунку до появи небажаної події [10].

Після дослідження різних відмов і їх наслідків переходять до пошуку попереджувальних заходів, які базуються безпосередньо на даних, отриманих на попередніх стадіях вивчення проблеми, і є етапом доповнення цих даних [5].

Численний процес розгалуження дерева вимагає введення обмежень для визначення його меж. Ці обмеження повністю залежать від цілей

дослідження. І межі розгалуження визначаються логічної доцільністю отримання нових гілок.

Логічна структура дерева така, що при відсутності хоча б одного з попередніх подій нещасний випадок статися не може. При цьому можуть бути виявлені потенційно небезпечні фактори. Таким чином можна запобігти повторенню аналогічного нещасного випадку.

Дерево відмови, що використовується для аналізу причин виникнення аварійних ситуацій при використанні установки для зливу ацетону, наведено на рисунку 1 (Додаток А).

Складаємо формули і виконуємо розрахунок ймовірності виникнення аварійної ситуації проливу ацетону при відмові установки зливу ацетону відповідно до правил з використанням логічних елементів [9].

Відмова елементів установки може статися через функціональні відмови, що можуть виникнути внаслідок несподіваних відмов систем, деталей або через параметричні відмови, які відбудуються тоді, коли буде вичерпана технологічна надійність.

За час безвідмовної роботи t прийmemo час безвідмовної роботи установки $t = 6500$ годин (так як установка не працює безперервно). Показники інтенсивності відмов елементів установки беруться на підставі довідкових даних [7,8].

Ймовірність безвідмовної роботи системи і окремих елементів підпорядковується експоненціальному закону розподілу часу безвідмовної роботи і однакові в будь-яких однакових проміжках часу в період нормальної експлуатації:

$$P(t) = e^{-\lambda_c t} \quad (3.1)$$

де $P(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи;

λ_c - інтенсивність відмов, t - час напрацювання до відмови.

Ймовірність відмови системи і окремих елементів розраховується за формулою:

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (3.2)$$

Імовірність при незалежних початкових подіях розраховується за такими формулами: для логічного зв'язку «І» та «АБО»

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (3.3)$$

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i), \quad (3.4)$$

де n - число паралельних гілок (входів); P_i - ймовірність появи i -го вхідного події.

Таблиця 3.1– Розрахунок імовірності відмови системи (установки зливу ацетону)

Назва відмови			$\lambda_c, \text{ч}^{-1}$		$P(t)$		Qt	
A Датчики $P_{\text{д.п.}}$	витратомір $P_{\text{в}}$		0,46 · 10 ⁻⁹		0,9997		0,0003	
	Рівнемір $P_{\text{р}}$		0,3 · 10 ⁻⁹		0,9998		0,0002	
B Трубопро від $P_{\text{тр}}$	Флан ець $P_{\text{фл}}$	$P_{\text{фл.з}}$		3 · 10 ⁻⁷		0,998		0,002
		Прокл. $P_{\text{пр}}$		3 · 10 ⁻⁶		0,981		0,019
		Різьба $P_{\text{р}}$		0,17 · 10 ⁻⁶		0,9989		0,0011
	Розгерметизація по зварному шву $P_{\text{зв.ш}}$		3,0 · 10 ⁻⁹		0,99998		0.00002	
C насос			20 · 10 ⁻⁶		0,878		0,122	
D Трубопровідн а арматура $P_{\text{тр.арм}}$	Кран $P_{\text{кр}}$		12,6 · 10 ⁻⁶		0,921		0,078	
	Засувка 5 P_{35}		3,2 · 10 ⁻⁶		0,979		0,021	
	Засувка 7 P_{37}		3,2 · 10 ⁻⁶		0,979		0,021	
	Зворотній клапан $P_{\text{об.кл}}$		6,4 · 10 ⁻⁶		0,959		0,041	
E сифон			0,067 · 10 ⁻⁶		0,9996		0.0004	

$$Q_{уст} = 1 - P_{уст}$$

$$P_{уст} = 1 - (1 - P_{A.})(1 - P_B)(1 - P_C)(1 - P_D)(1 - P_E)$$

$$P_{A.} = P_p \cdot P_y = 0,9995$$

$$P_B = 1 - (1 - P_{фл.})(1 - P_{з.шв.}) = 1 - (1 - (P_{фл.з.})(P_{пр.}))(P_p)(1 - P_{зв.ш.})$$

$$= 0,9999995$$

$$P_D = 1 - (1 - P_{з.})(1 - P_{кр.})(1 - P_{з.кл.})$$

$$= 1 - (1 - 0,979)(1 - 0,979)(1 - 0,921)(1 - 0,959) = 0,999999$$

Імовірність відмови установки: $Q_{уст} = 1,22 \cdot 10^{-5}$

Аналіз розвитку сценаріїв аварійних подій з допомогою формалізованих моделей «дерев подій» є складовою частиною системи аналізу та управління мінімізацією ризику, що дозволяє на стадії проектування врахувати вплив вражаючих факторів, оцінити зони ураження і розробити організаційні і технічні заходи щодо раннього запобігання аварійним ситуаціям.

Для оцінки можливих сценаріїв аварійної протоки ацетону застосовуємо метод «дерева подій». Аналіз «дерева подій» (ЕТА) - алгоритм побудови послідовності подій, що виходять з основної події (аварійної ситуації). Використовується для аналізу розвитку аварійної ситуації. Частота кожного сценарію розвитку аварійної ситуації розраховується шляхом множення частоти основної події на умовну ймовірність кінцевої події (наприклад, аварії з розгерметизацією обладнання з горючою речовиною в залежності від умов можуть розвиватися як із запалюванням, так і без займання речовини).

Приклад дерева подій для кількісного аналізу різних сценаріїв аварій на установці по зливу представлений (рис. 1 Додаток Б). Цифри поруч з найменуванням події показують умовну ймовірність виникнення цієї події. При цьому ймовірність виникнення ініціюючої події (викид з цистерни) прийнята рівною 1. Значення частоти виникнення окремої події або сценарію

перераховується шляхом множення частоти виникнення ініціюючого події на умовну ймовірність розвитку аварії за конкретним сценарієм (використовується програмний розрахунок в середовищі INT studio).

В даному редакторі побудови «дерев подій» INT Studio використовується три вузли:

- вузол F - аварія на небезпечному об'єкті (сховище - протока);
- вузол FP - ініціююча подія;
- вузол P - проміжна і кінцева подія.

Для вузла FP - вказується частота виникнення аварії, а P - умовна ймовірність виникнення аварійної ситуації, і проводиться розрахунок в програмі.

3.2 Оптимізація рівня ризику на робочому місці (зливний пункт)

Покажемо на прикладі (розроблений підхід у відповідності з теорією надійності) як можна оптимізувати рівень ризику на робочому місці зливника.

Наприклад, безперервно працюють технологічні дві лінії виробництва (оцінюємо в режимі нормальної експлуатації) - два пункти подачі готової продукції (ацетону).

Відмова лінії призводить до зупинки всього процесу. Інтенсивність відмов кожної лінії однакова і дорівнює $\lambda = 0,001$ 1/г; інтенсивності відновлення відповідно однакові і рівні $\mu = 0,1$ 1/г. Збиток при відмові однієї лінії, дорівнює наприклад $h_1 = 100000$ у.о .; при відмові двох - $h_2 = 250000$ у.о. Визначити найбільш вигідний безризиковий випадок роботи: або лінію (блок) відновлювати відразу після відмови, або при відмові одного блоку продовжувати роботу до відмови іншого блоку.

Визначимо найбільш вигідний випадок роботи для режиму нормальної експлуатації ліній по (враховуємо сталість інтенсивності відмов кожної лінії) по середньому наробітку на відмову для експоненціального розподілу відмов:

$$T = \frac{1}{\lambda} \quad (3.5)$$

Для першої лінії:

$$T_1 = \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{0,001} = 1000 \text{ год}$$

Для другої лінії

$$T_2 = \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{0,001} = 1000 \text{ год}$$

Якщо ми розглядаємо випадок відновлювати відразу після відмови - це відповідає моделі «обрив ланцюга» основного з'єднання, тобто послідовного, так як відмова однієї лінії не дає можливості безперервної роботи .

Другий випадок - при відмові однієї лінії відповідає моделі «обрив ланцюга» паралельному з'єднанню, так як при відмові, наприклад першої система все одно не буде працювати.

Визначимо ймовірність безвідмовної роботи:

Для 1 випадку

$$P(t) = \exp(-\lambda t) = \exp(-0,001 \cdot 1000) = 0,367$$

Для 2 випадку

$$P1_{\text{сист}}(t) = P_1 P_2 = 0,367 \cdot 0,367 = 0,134$$

$$P2_{\text{сист}}(t) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) = 1 - (1 - 0,367)(1 - 0,367) = 0,599$$

Визначаємо ризик для цих випадків:

$$R1 = Q1_{\text{сист}} \cdot h2 = 0,866 \cdot 250000 = 216500 \text{ у. е.}$$

$$Q1_{\text{сист}} = 1 - P1_{\text{сист}}(t)$$

$$Q2_{\text{сист}} = 1 - P2_{\text{сист}}(t)$$

$$R2 = P2_{\text{сист}} \cdot h1 = 0,401 \cdot 100000 = 40100 \text{ у. е.}$$

Висновок: найбільш безризиковий буде випадок роботи: при відмові однієї лінії продовжувати роботу до відмови іншої.

3.3 Заходи щодо захисту персоналу та безпеки функціонування виробничого обладнання

При викидах шкідливих концентрацій ацетону наслідки аварії будуть залежати від рівня підготовки оператора, його помилок, від надійності і ефективності систем локалізації, байпасу, а також систем сигналізації та зв'язку (КВП).

Розгерметизація фланцевих з'єднань трубопроводів зливної установки (що призвело до протeki рідкого ацетону) – виникає через корозійний вплив навколишнього середовища і ерозійний вплив робочого середовища, а також через невідповідність технічних рішень при експлуатації трубопроводу зливний установки вимогам безпеки.

Наявність надлишкового тиску та його перерозподіл при переміщенні небезпечної речовини по магістралі спричиняє відмову запрної арматури бзасувок, запірнього крану, зворотного клапану.

Розглядаючи причини, що формують ймовірність безвідмовної роботи систем порятунку людини, ризик загибелі людини в даній системі можна зменшити, насамперед: збільшенням ступеня безвідмовності системи виявлення витоків газу, системи гасіння локальних вогнищ загоряння і підвищенням ефективності профілактичних заходів щодо недопущення утворення джерел запалювання, тобто проведення інструктажів та протипожежних заходів

Можна запропонувати наступні технічні і організаційні пропозиції по зниженню техногенної небезпеки установки з резервуарами ацетону на стадії їх проектування, створення і використання:

- на стадії проектування необхідно використовувати стандартизовані та уніфіковані вузли і деталі;
- в процесі експлуатації (забору і транспортування речовини) враховувати зовнішні умови: передбачити вплив екстремальних температур -

можливого нагрівання стінок, вібрації, ударного навантаження, агресивного середовища;

- на установку, резервуари мати паспорт з датою проставлення перевірок та обліком відхилень від норм;

- необхідно використовувати більш надійні матеріали для провідників, що передають сигнал з датчика протоки на пульт оператора і включення аварійної сигналізації;

- використовувати зворотний клапан, як пристрій для скидання надлишкового тиску. Він не дозволить паливу, яке знаходиться в трубопроводі під високим тиском пройти іншим шляхом руху в область низького тиску;

- застосовувати установки уловлювання парів при зливно-наливних операціях;

- контрольно-вимірювальні прилади і запобіжні пристрої повинні бути в справному стані;

- фіксатори (блокувальні пристрої) повинні легко приводиться в дію;

- в підземному сховищі повинна бути можливість повної герметизації;

- замінити відповідальні елементи трубопровідної арматури, на елементи (фланцеві з'єднання) з корозійно-стійких сплавів;

- відрегулювати аварійну вентиляцію;

- підвищити надійність елементів зливної установки за рахунок резервування елементів (наприклад використовувати обхідні елементи (байпаси));

- перевірити діагностуванням рівнемірів і витратомірів для недопущення переповнення сховища з небезпечною отруйною речовиною;

- перевірити надійність засобів контролю (вимірювальної апаратури технологічних показників: температури, тиску і т.д.), вимірювальних трактів (ліній зв'язку, ланцюгів), датчиків світлової та звукової сигналізації;

- придбання і монтаж засобів сигналізації про порушення нормального функціонування виробничого обладнання, засобів аварійної зупинки, а також

пристроїв, що дозволяють виключити виникнення небезпечних ситуацій при повному або частковому припиненні енергопостачання і подальшому його відновленні (укомплектування датчиками протоки, засобами блокування, надійності каналу зв'язку і його дублювання);

- влаштування огорожі елементів виробничого обладнання від впливу пароповітряних сумішей, а також предметів, що розлітаються включаючи наявність фіксаторів, блокувань, герметизуючих та інших елементів;

- модернізація наявних засобів колективного захисту працівників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів;

- нанесення на виробниче обладнання, органи управління і контролю, елементи конструкцій, комунікацій і на інші об'єкти сигнальних кольорів і знаків безпеки;

- стеження за системою передачі сигналу від датчика протоки і включення аварійної сигналізації, наявності зв'язку між операторами;

- механізація збирання пункту зливу, своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва, що є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих факторів;

- провести навчання за технологією відкриття кранів, засувки з ручним приводом;

- провести позаплановий інструктаж із зазначенням небезпечних виробничих ризиків. особливо з хімічним зараженням;

- організувати необхідний контроль за відповідністю правил безпеки, проведення технічних рішень, особливо під час виведення трубопроводів з технологічного процесу під час ремонтів, діагностичних перевірок з метою профілактики.

- навчання персоналу діям оперативного реагування в разі аварій.

Захист даної системи від надлишкових тисків і розривів трубопроводів досягається проведенням наступних заходів:

- відпрацювання механізму плавного регулювання тиску - режиму відкриття - закриття засувки по мірі секторів (1/4, 1/2). ;

- для попередження скидання отруйної речовини передбачити проміжний резервуар;
- для видалення газу використовувати закриті резервуари з пристроєм контролю;
- розробка і дотримання регламентів, норм, правил та інструкцій ведення технологічних процесів особливо по трубопровідній арматурі: кранів, вакуум-пасток;
- організація навчання та інструктажу обслуговуючого персоналу по режимам роботи і правил експлуатації обладнання під тиском;

ВИСНОВОК

У даній науковій роботі вирішені поставлені завдання.

Визначено можливі небезпечні виробничі ризики, небезпечні події, аварійні ситуації та надано рекомендації щодо їх усунення з застосування існуючих технічних рішень (патентів) наприклад, застосування установок уловлювання парів при зливо-наливних операціях, пристроїв необхідних для скидання надлишкового тиску і власних рекомендацій. Це дозволяє управляти ризиком, тому що імовірність відмови установки для зливу зменшується (виконаний перерахунок) з $1,22 \cdot 10^{-5}$ до $0,1 \cdot 10^{-5}$.

Зробивши моделювання можливих сценаріїв протоки ацетону при розгерметизації цистерни і трубопроводу та стан умов в яких працюють на пункті зливу оператори, визначено, що заходи щодо недопущення розвитку аварійних пожежо - вибухонебезпечних ситуацій при зливі рідини в приймачі, профілактиці виробничих травм і зниження, таким чином, ризику травматизму, повинні розроблятися виходячи з аналізу причин небезпечних виробничих ризиків із застосуванням методів «дерев відмов» (FTA), «дерева подій» (ETA).

За наведеними в роботі методиками розрахунку по вхідним даним інтенсивностей відмов елементів технічної системи (установки пункту зливо-наливних операцій ацетону) , і апіорним значенням ймовірностей, на рівні прикладу отримані ймовірності відмов елементів необхідних для побудови сценарію виникнення аварійних ситуацій проливів небезпечної хімічної речовини на робочому місці оператора-зливника.

Відмова насоса може статися через функціональну відмову, яка є наслідком раптових відмов трубопровідної арматури, зокрема фланцевого з'єднання, відмови автоматичного закриття засувки на всмоктуванні відцентрового насоса, відмови насосного агрегату та датчика протоки, яка в свою чергу настає при одночасній відмові витратоміра і датчика рівня.

Проводячи аналіз надійності за методом «дерева відмов» встановили ймовірність відмов елементів такої установки, а також що ймовірність безвідмовної роботи установки дуже висока за рік. Визначено найменш надійні елементи - насос і трубопровідна арматура.

За результатами аналізу методом «Дерево відмов» ми провели аналіз критичної ситуації - можливого розвитку аварії з виливом ацетону методом «Дерево подій». За підсумками цього аналізу ми виявили наслідки реалізації цієї критичної ситуації. Наслідками може бути пожежа протоки, горіння або вибух хмари газу. З «дерева подій» видно, що найбільшу ймовірність має займання з горінням струменя навіть в початковій ситуації ініціювання без миттєвого займання, яке має більш високу частоту.

В результаті статистичної обробки даних випробувань про відмови можливе визначення ряду важливих моментів, як-то:

- причин відмов, прихованих характеристик призводять до відмов;
- визначення групи чинників (конструктивних, технологічних) впливають на відмову виробничого обладнання;
- елементів найбільш схильних до («слабких ланок технічної системи) відмов.

Ряд практичних висновків, щодо управління ризиком:

1. Чим більш розгалуженою є мережева модель причинно - наслідкових зв'язків, тим складніше розробити і важче здійснювати комплекс заходів щодо попередження аварійних ситуацій, нещасних випадків на робочих місцях де виконуються роботи підвищеної небезпеки;
2. Будь-яку комплексну причину аварії не можна ліквідувати, не виключивши елементарних причин, що її утворюють.
3. Аварія не відбудеться, якщо виключені всі елементарні причини, що призводять до появи небезпечного фактора, або всі елементарні причини, що викликають потрапляння людини в небезпечну зону в момент дії цього фактора.

4. Виключення з мережевої моделі (за рахунок виконання певних заходів) частини елементарних причин в групах комплексних причин не усуває можливість повторення аналогічного випадку, а лише призводить до перерозподілу ваг тих елементарних причин, що залишилися.

Список використаної літератури

1. ДСТУ ISO 31000:2018 (ISO 31000:2018, IDT) Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 28 с.
2. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013: Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (IEC/ISO 31010:2009, IDT). [Чинний від 2014-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 79 с.
3. ДСТУ ISO Guide 73-2013: Керування ризиком Словник термінів (ISO Guide 73:2009, IDT). [Чинний від 2014-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 17 с.
4. ДСТУ OHSAS 18001:2010 Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги (OHSAS 18001:2007, IDT). [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 27 с.
5. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). [Чинний від 2021-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2011. 55 с.
6. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної безпеки (Затверджено наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002 р. №637)
7. РД 26-01-143-83 Надежность изделий химического машиностроения. Оценка надёжности и эффективности при проектировании.
8. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1) Дата введения 1992-07-01
9. Э. Хенли, Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М. – Машиностроение. -1984. -528 с.
10. IEC 61025 Fault tree analysis (FTA).

11. IEC 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies)– Application guide ISO 22000 Food safety managementsystems –Requirements for any organization in the food chain

12. Березуцький В.В. , Адаменко М.І. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/ В.В. Березуцький, М.І. Адаменко – Харків. : ФОП Панов А. М., 2016. – 385 с.

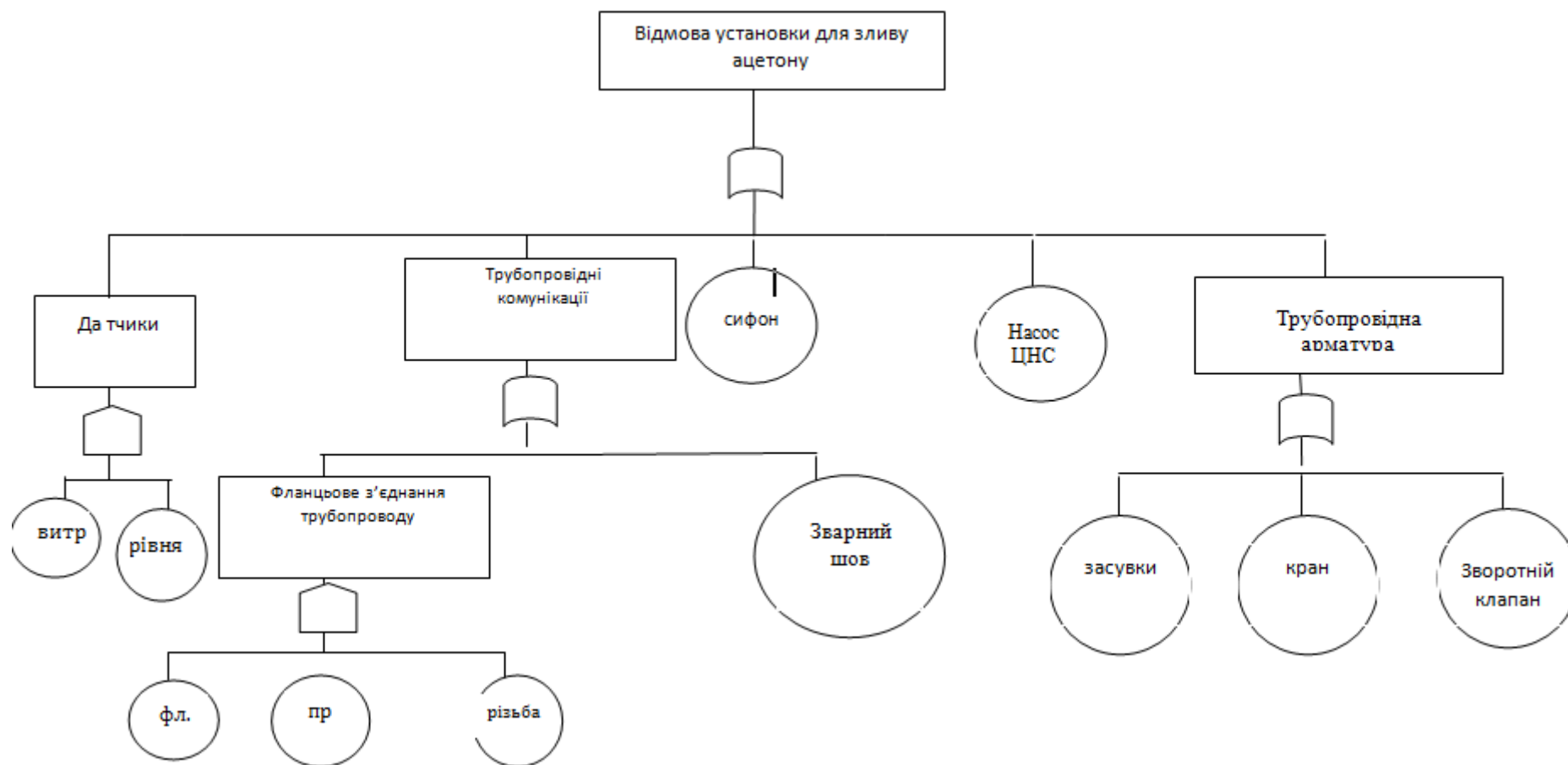


Рисунок 1 – «Дерево відмов» установки для зливу ацетону (робоче місце оператора)

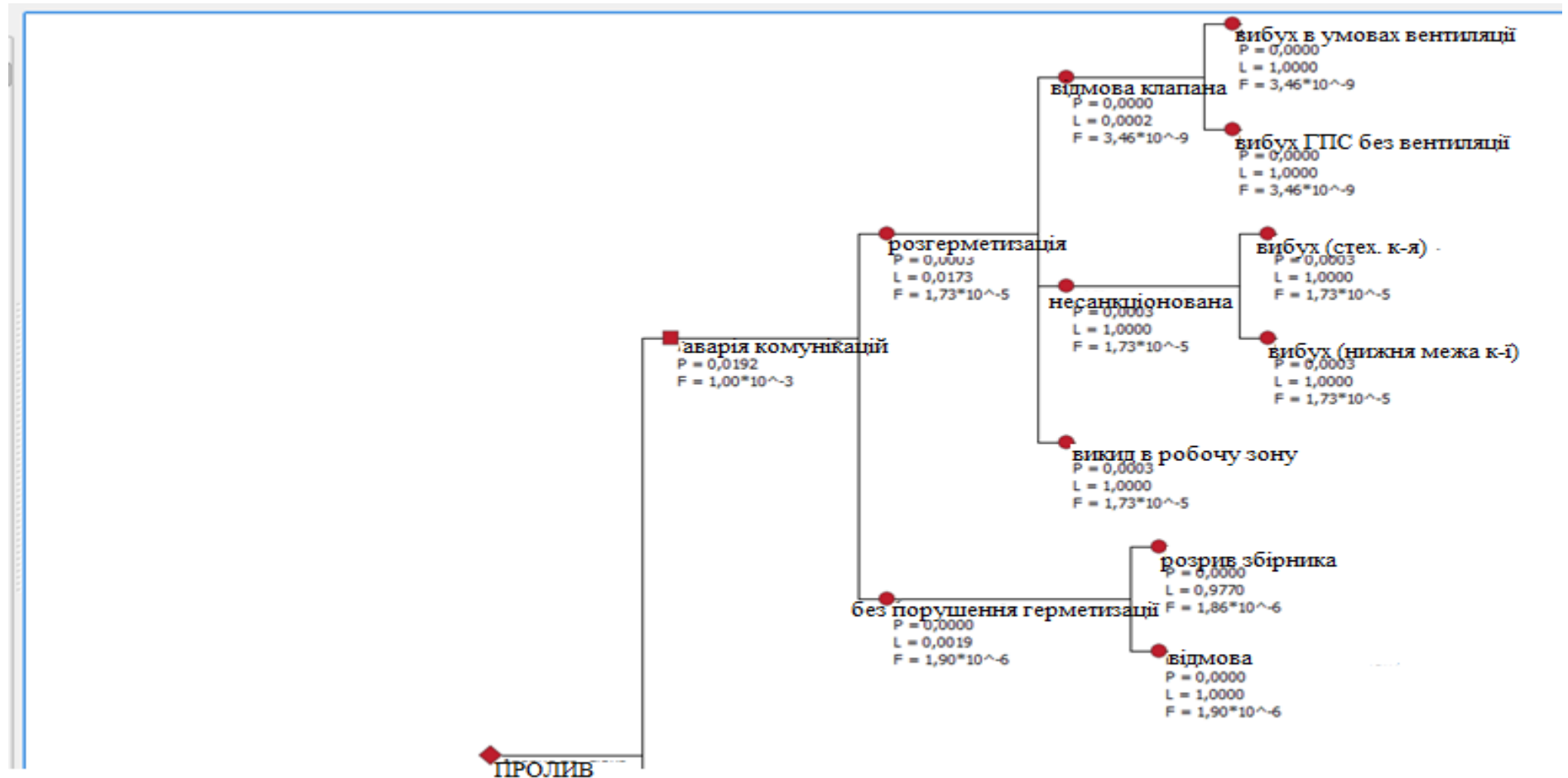


Рисунок 2 – «Дерево подій» після відмови становки для зливу ацетону

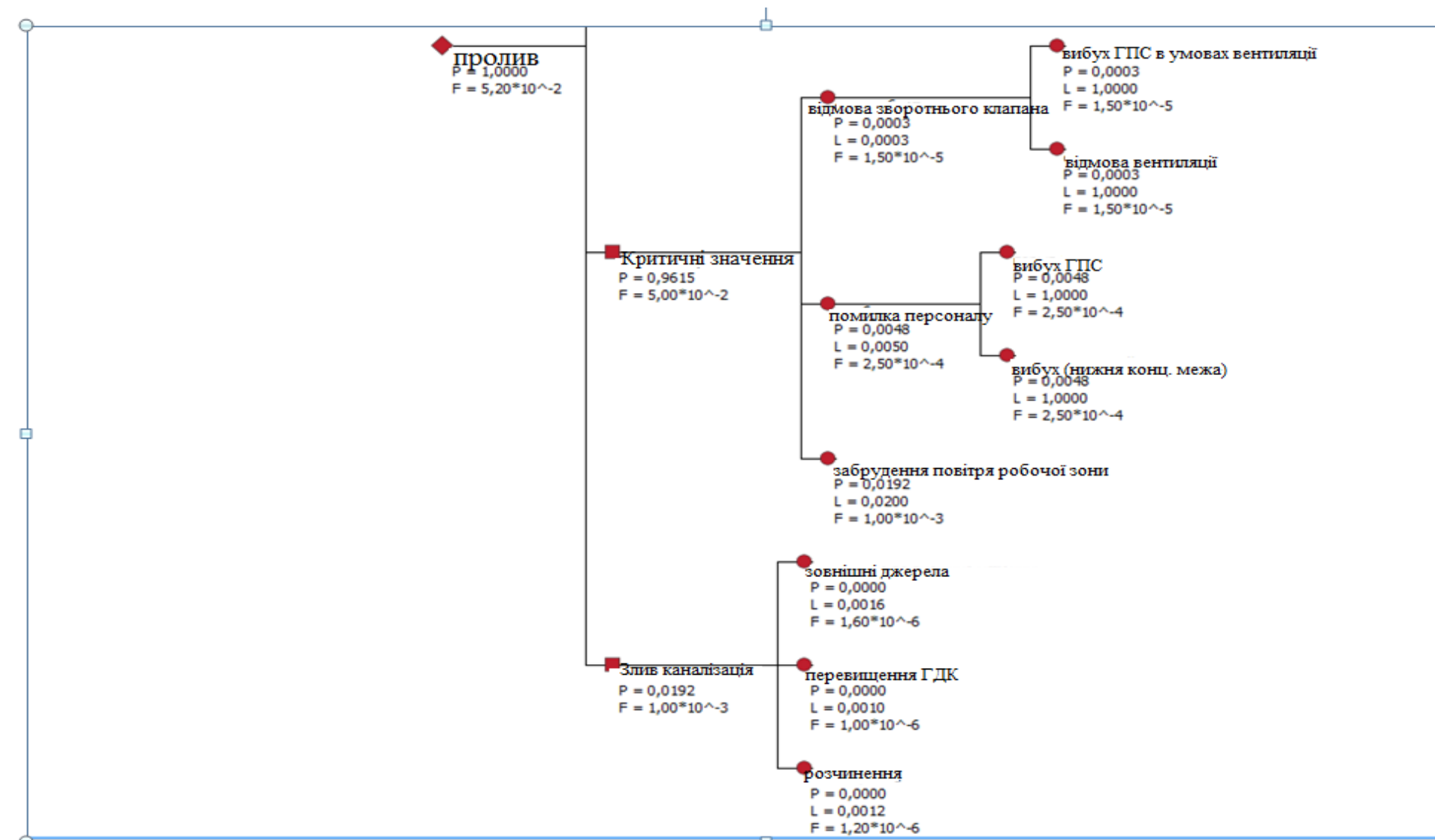


Рисунок 2 – «Дерево подій» після відмови становки для зливу ацетону