

Міністерство освіти та науки України

Галузь наук Цивільна безпека

**Спеціальність: Цивільна безпека (Охорона праці)**

Студентська наукова робота

на тему:

«Використання електронних методів підтримки рішень з вибору заходів захисту працівників»

Шифр роботи: «підтримка рішень»

2020

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Застосування теорії прийняття рішень для обґрунтування вибору колективних засобів захисту за допомогою критеріїв.....	4
1.1 Характеристика методу аналізу ієрархій.....	4
1.2 Розробка підтримки прийняття рішень протипожежних засобів захисту з використанням методу (MAI).....	5
1.3 Реалізація методу попарних порівнянь у табличному процесорі MS Excel.....	11
1.4 Використання діаграми Ганта для обліку видачі ЗІЗ працівникам за планом-графіком.....	13
2. Підтримка прийняття рішень для попередження нещасних випадків працівників при взаємодії з технічними системами.....	14
2.1 Аналіз технічної системи за методами надійності.....	14
2.2 Розробка діагностичної експертної системи байєсівського типу.....	19
Висновок.....	25
Список використаної літератури.....	26
Додатки.....	27

## ВСТУП

На промислових підприємствах в сфері охорони праці існує безліч проблем як зовнішнього (обумовленого об'єктивними факторами) так і внутрішнього характеру. Існуюча законодавча і наукова база в рішенні прикладних задач, виробничих проблем охорони праці дає можливість враховувати взаємозв'язок структурних елементів матеріалів, конструкцій, речовин, обладнання, що застосовується у виробничих процесах і виявляти нові взаємозалежності. Процедурно за допомогою детермінованих чи стохастичних алгоритмів методів сучасними інформаційними технологіями можливо оцінити проблему і запропонувати ряд рішень, з яких із залученням відповідних методик математичного апарату обирають оптимальне управлінське рішення.

Складність вибору рішення з оптимізацією по ресурсоощадливості, економії витрат полягає в тому, що при необхідності прогнозу на основі вже ретроспективних даних або в імітаційному поданні за допомогою прикладних програм, існує набір альтернативних варіантів, сценаріїв розвитку подій. При цьому кожен такий варіант дій має нейтральну, позитивну або негативної стратегію, а вони у свою чергу мають відповідні економічні, виробничі, соціальні наслідки.

В даній науковій роботі представлено методичний підхід розробки підтримки прийняття рішень по вибору засобів захисту працівника для конкретних робочих місць з обґрунтуванням запропонованих способів захисту за критеріями вибору в контексті використовуваних методів.

Системи підтримки прийняття рішень сучасних інформаційних технологій дозволяють наочно представляти результати вибору необхідних засобів захисту працівників (колективних та індивідуальних) по аналізу технічних систем, виробничих ситуацій, вибору засобів захисту з багатьох варіантів в контексті ризик-орієнтованого підходу за критеріями мінімізації збитків, економії матеріальних ресурсів, ефективності використання.

# **1. Застосування теорії прийняття рішень для обґрунтування вибору колективних засобів захисту за допомогою критеріїв**

## **1.1 Характеристика методу аналізу ієрархій**

Методи підтримки прийняття рішень використовуються в різних сферах науки і практики для рішення прикладних задач досить давно. В роботі ми пропонуємо електронні методи прийняття підтримки рішень з використанням табличного процесору MS Excel для використання у сфері охорони праці для вибору засобів захисту працівників на виробництві.

Базисом таких методів є математичний апарат теорії прийняття рішень. На сьогоднішній день розроблені цілі системи підтримки прийняття рішень [1]. Вибір методу прийняття рішення повністю залежить від того, з яким типом завдання стикається ЛПР. Для кількісної / якісної оцінки ризику з різним ступенем успіху можуть бути використані багато з відомих методів прийняття рішень. Далі будуть розглянуті особливості найбільш відомого і широкого вживаного методу прийняття рішень - метод аналізу ієрархій (МАІ) з використанням матриць попарних порівнянь на основі оцінок експертів, який запропонував Т.Сааті.

Опис даного методу досить ґрунтовно поданий у [2].

Метод дозволяє вирішувати завдання вибору кращої альтернативи у випадках, коли відомо безліч альтернатив [3].

Суть методу полягає у використанні шкали відносин і в попарному порівнянні важливості критеріїв і альтернатив з метою визначення глобальних пріоритетів. Базова процедура МАІ включає в себе наступні кроки:

- 1) формулювання мети прийняття рішення;
- 2) побудова ієрархії критеріїв;
- 3) побудова матриць парних порівнянь критеріїв;
- 4) обчислення глобальних пріоритетів критеріїв;
- 5) побудова матриць парних порівнянь альтернатив;

- 6) обчислення глобальних пріоритетів альтернатив;
- 7) перевірка узгодженості матриць парних порівнянь (якщо матриці не узгоджені, виконуються етапи 3-5 до отримання узгоджених матриць);
- 8) вибір домінуючої альтернативи [3].

Використання методів прийняття рішень з допомогою сучасних інформаційних технологій, наприклад програмних комплексів в галузі цивільної безпеки приведено в працях [4,5].

## 1.2 Розробка підтримки прийняття рішень протипожежних засобів захисту з використанням методу (МАІ)

В якості прикладу розглянемо розробку системи для прийняття рішення за методом (МАІ) для вибору протипожежних засобів захисту попередження небезпечних чинників пожежі (НЧП).

Головним критерієм вибору способу протипожежного захисту є техніко-економічне обґрунтування витрат води на гасіння пожеж, наприклад, в населених пунктах, промислових підприємствах. Виходячи з реального стану справ в населених пунктах, нормативні витрати води на зовнішнє пожежогасіння залежать від щільності забудови, поверховості та ступеня впливу полум'я (слабке, середнє, помірне і сильне). А на промислових підприємствах - від площі будівлі, його поверховості, вогнестійкості, умов впливу пожежі на сусідні будівлі, приміщення, категорій вибухопожежної та пожежної безпеки і т.д [5].

Взагалі підтримка вибору рішення обумовлена взаємним впливом та необхідністю проведення протипожежних профілактичних заходів заснованих на техніко-економічному базисі з вибором критерію оптимальності - мінімізації шкоди соціального посилення розвитку критичних ситуацій, зниження індивідуального пожежного ризику і відповідно ймовірних (можливих втрат) групи людей, вдале проведення евакуації з приміщень, що піддаються впливу небезпечних чинників пожежі; апробації існуючих систем автоматизованого контролю виходу параметрів за

допустимі межі і систем оповіщення (сигналізація), розрахунку необхідних людських ресурсів (оперативної ланки) і відповідності часу реагування.

На основі обраного варіанту дій (способу захисту від пожежі) приймаються рішення про гасіння пожежі з оптимальним розподілом штатного персоналу.

Якщо обрати невірний захист захисту, то це може привести до невірного комплектування сил і технічного оснащення засобами для гасіння пожеж і привести до розвитку більш значних наслідків, збитків з матеріальними витратами на подальше відновлення при проведенні вже не превентивних, а регуляційних заходів.

Необхідно відібрати фактори, які суттєво впливають на достовірність результатів прийняття рішень за існуючим зафіксованим, або в прогностичній перспективі стан небезпеки від прояву небезпечних чинників пожежі. Наприклад, такими факторами може бути:

- поверховість на якій відбулося запалювання;
- площа поширення полум'я з утворенням значних осередків ураження;
- межі вогнестійкості будівельних конструкцій;
- площа прорізів в несучих конструкція;
- пожежне навантаження матеріалів, що розміщуються в будинках і будівлях, приміщеннях;
- планування будівлі з наявністю внутрішньої інфраструктури: систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, водо - і газопостачання;
- критичні температури;
- тривалість пожежі..

На практиці це досить складно, тому необхідно залучати математичний апарат, наприклад, теорії прийняття рішень.

Наприклад, для прийняття рішення про проведення протипожежних заходів для приміщення, для якого визначена категорія вибухопожежонебезпеки, формальним підходом приймаємо залежать від площі пожежі фактори: межа вогнестійкості, площа приміщення, час

розвитку пожежі. При цьому правильність прогнозних значень (похибка) залежить від оцінок експертів.

Для прогнозу площі пожежі необхідно врахувати фактори: межа вогнестійкості, площа приміщення, час розвитку пожежі, лінійна швидкість поширення пожежі.

Визначимо яке рішення (втручання) краще на основі методу парних порівнянь.

Для вибору оптимального поліпшує втручання експерти (проведено анкетування 3-х експертів підприємства м. Рівне) сформулював три основних критерії: технологічне покращення стану системи автоматичної сигналізації (ремонт і купівля обладнання для автоматизації виробничих процесів (А), обладнання системою пожежогасіння (СП), застосування тільки наявних засобів пожежогасіння - переносних і пересувних - ЗП).

У прийнятті рішень беруть участь: три експерта оцінюючи прийняття рішення по трьом параметрам (критеріям або пріоритетам): межа вогнестійкості  $MВ$ , площа приміщення -  $S$ , час розвитку пожежі -  $T$ , які складають відповідні матриці парних порівнянь.

Таблиця 1.1

Матриця парних порівнянь щодо поліпшення стану системи автоматичної сигналізації (А)

параметри	А	СП	ЗП
$MВ$	1	2	0,2
$S$	0,5	1	4
$T$	5	0,25	1

Таблиця 1.2

Матриця парних порівнянь по обладнанню системою пожежогасіння (СП)

	А	СП	ЗП
$MВ$	1	0,25	5
$S$	4	1	0,33
$T$	0,2	1	1

Таблиця 1.3

Матриця парних порівнянь застосування тільки наявних засобів пожежогасіння (ЗП)

	А	СП	ЗП
МВ	1	2	4
S	0,5	1	6
T	0,25	0,17	1

Відносні ваги критеріїв визначаємо шляхом ділення кожного стовпчика на суму елементів цього ж стовпчика. Отже, для нормалізації матриць, наприклад, матриці парних порівнянь щодо поліпшення стану системи автоматичної сигналізації (А).

Ділимо елементи першого стовпчика на величину:  $1 + 0,5 + 5 = 6,5$ , елементи якого стовпчика на величину:  $2 + 1 + 0,25 = 3,25$ , елементи третього стовпця на величину:  $0,2 + 4 + 1 = 5,2$ .

Шукані відносні ваги  $w_{MB}$ ,  $w_S$ ,  $w_T$  критеріїв обчислюються у вигляді середніх значень елементів відповідних рядків матриць.

Таблиця 1.4

Відносні ваги  $w_{MB}$ ,  $w_S$ ,  $w_T$  критеріїв

	А	СП	ЗП	$w_i$
МВ	$\frac{1}{6,5}$	$\frac{2}{3,25}$	$\frac{0,2}{5,2}$	0,27
S	$\frac{0,5}{6,5}$	$\frac{1}{3,25}$	$\frac{4}{5,2}$	0,38
T	$\frac{5}{6,5}$	$\frac{0,25}{3,25}$	$\frac{1}{5,2}$	0,35



	A	СП	ЗП
МВ	0,21	0,33	0,51
S	0,39	0,42	0,37
T	0,4	0,25	0,12

Аналогічним способом складаємо матриці парних порівнянь альтернатив (способів захисту) відповідно до кожного критерію (локального пріоритету).

### A

$$D_{MВ} =$$

	A	B	C
A	1	1	4
B	1	1	2
C	0,25	0,5	1

$$D_S =$$

	A	B	C
A	1	2	2
B	0,5	1	3
C	0,5	0,33	1

$$D_T =$$

	A	B	C
A	1	2	0,5
B	0,5	1	0,33
C	2	3	1

### СП

$$D_M =$$

	A	B	C
A	1	4	3
B	0,25	1	0,5
C	0,333	2	1

$$D_S =$$

	A	B	C
A	1	3	4
B	0,333	1	2
C	0,25	0,5	1

$$D_T =$$

	A	B	C
A	1	3	2
B	0,333	1	3
C	0,5	0,33	1

### ЗП

$$D_{MВ} =$$

	A	B	C
A	1	2	4
B	0,5	1	3
C	0,25	0,33	1

$$D_S =$$

	A	B	C
A	1	2	3
B	0,5	1	2
C	0,33	0	1

$$D_T =$$

	A	B	C
A	1	1	2
B	1	1	0,5
C	0,5	2	1

Відносні ваги критеріїв визначаємо шляхом ділення кожного стовпчика на суму елементів цього ж стовпчика. Шукані відносні ваги  $w_{MB}$ ,  $w_S$ ,  $w_T$  критеріїв обчислюються у вигляді середніх значень елементів відповідних рядків матриць.

В результаті ми маємо вагові коефіцієнти альтернатив відповідно до кожного критерію для кожного експерта, які представлені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Вагові коефіцієнти альтернатив

	А			СП			ЗП		
	П	S	В	П	S	В	П	S	В
MB	0,44	0,48	0,31	0,53	0,53	0,44	0,53	0,41	0,41
S	0,4	0,35	0,2	0,19	0,3	0,34	0,24	0,33	0,26
T	0,16	0,17	0,49	0,28	0,17	0,22	0,23	0,26	0,33

Перемножуємо на вагові коефіцієнти критеріїв експертів (табл.1.6)

	А	СП	ЗП
MB	0,21	0,33	0,51
S	0,39	0,42	0,37
T	0,4	0,25	0,12

Комбінована вага  $W$  для кожної стратегії (MB, S або T) визначається за єдиною схемою. Наприклад, для стратегії (MB) можна записати:

$$\begin{aligned}
 W_{MB} &= \frac{1}{3} (0,44 \times 0,21 + 0,48 \times 0,39 + 0,31 \times 0,4) + \\
 &+ \frac{1}{3} (0,53 \times 0,33 + 0,53 \times 0,42 + 0,44 \times 0,25) + \\
 &+ \frac{1}{3} (0,53 \times 0,51 + 0,41 \times 0,37 + 0,41 \times 0,12) = 0,459
 \end{aligned}$$

Таким чином, в результаті проведених обчислень отримуємо такі комбіновані вагові коефіцієнти для кожної зі стратегій:

$$W_s = \frac{1}{3}(0,4 \times 0,21 + 0,35 \times 0,39 + 0,2 \times 0,4) + \\ + \frac{1}{3}(0,19 \times 0,33 + 0,3 \times 0,42 + 0,4 \times 0,25) + \\ + \frac{1}{3}(0,24 \times 0,51 + 0,3 \times 0,37 + 0,46 \times 0,12) = 0,292$$

$$W_T = \frac{1}{3}(0,16 \times 0,21 + 0,17 \times 0,39 + 0,49 \times 0,4) + \\ + \frac{1}{3}(0,28 \times 0,33 + 0,17 \times 0,42 + 0,22 \times 0,25) + \\ + \frac{1}{3}(0,23 \times 0,51 + 0,26 \times 0,37 + 0,33 \times 0,12) = 0,255$$

$$W_{MB} = 0,459$$

$$W_S = 0,92$$

$$W_T = 0,255$$

В результаті, стратегія  $W_S$  отримує найвищу комбіновану вагу (або глобальний пріоритет) і, отже, є найбільш оптимальним вибором при прийнятті рішення протипожежних засобів і подальшого техніко-економічного їх обґрунтування, тобто обладнання системою пожежогасіння (СП) даного виробничого приміщення при цьому важливим є критерій меж вогнестійкості.

### 1.3 Реалізація методу попарних порівнянь у табличному процесорі MS Excel

Розроблена за алгоритмом методу попарних порівнянь обчислювальна програма у середовищі MS Excel для підтримки прийняття рішень з вибору засобу захисту від перевищення норми рівня шуму в цеху (Рис. 1 – Додаток А.1).

На рис. 1.1 представлені визначені при опитуванні експертів підприємства м. Рівне пріоритети зниження рівня шуму або критерії прийняття рішення (розглядався деревообробний цех) та варіанти методів

колективного захисту працівників цеху. Згідно розрахованих глобальних пріоритетів найбільшу вагу має метод М2 – зниження шуму в джерелі виникнення (рис. 1.2 ). Дану розробку можна використовувати при матриці 6 на 6 і інших пріоритетів та методів захисту.

	A	B	C	D
1				
2				
3		<b>Пріоритет:</b>		
4		1	Вартість	
5		2	Ефективність захисту	
6		3	Складність експлуатації	
7		4	Можливість обслуговування	
8		5	Сумісність	
9		6	Середній строк роботи	
10				
11				
12				
		<b>Методи захисту:</b>		
13				
14		M1	Планувальні рішення	
15		M2	Зниження шуму в джерелі виникнення	
16		M3	Звукопоглинальні конструкції	
17		M4	Звукоізоляція	
18		M5	Акустичний екран	
19		M6	ЗІЗ	

Рис. 1.1 – Пріоритети (критерії) та методи захисту (альтернативи)

Глобальні пріоритети

M1	0,166874114
M2	0,259684457
M3	0,136635093
M4	0,133654534
M5	0,092950362
M6	0,21020144

Рис. 1.2 – Глобальні пріоритети методів захисту

## 1.4 Використання діаграми Ганта для обліку видачі ЗІЗ працівникам за планом-графіком

Побудуємо план-графік видачі ЗІЗ працівникові (застосовуємо діаграму Ганта і створюємо в табличному процесорі MS Excel на базисі прикладного розповсюдженого програмного безкоштовного забезпечення) (рис.2 Додаток А.2).

Штрихуванням зазначено: план, факт видачі, стан видачі у відсотках (%), що зроблено позапланово, відсоток видачі позапланово.

Вказані назви ЗІЗ, у 2 стовпці план-вказівку місяць видачі (по Типовим нормам ...), в 3 стовпчику –Період носіння за планом -, наприклад, 12, 24 місяці (так як неможливо вказати до зносу - вказати 36 міс, наприклад для запобіжного пояса).

У 4 стовпчику -місяць в якому фактично видають ЗІЗ - наприклад для рукавичок морозостійких - 4 місяць (грудень) від 1 місяця (вересня).

5 стовпчик - період носіння фактично [(для формалізації програми виконується розбиття року на місяці щодо необхідної кількості ЗІЗ -так наприклад, для рукавичок морозостійких в цьому стовпчику вказано - 4 місяці (1 пара так як на рік видають по Типовим нормам 3 пари (6 пар на 24 міс.) і відповідно зазначений відсоток видачі 17% ( $100\% / 6 \text{ пар} = 17\%$ )].

## 2. Підтримка прийняття рішень для попередження нещасних випадків працівників при взаємодії з технічними системами

### 2.1 Аналіз технічної системи за методами теорії надійності

Розглянемо наступний реальний груповий нещасний випадок. Так, групі слюсарів без наряду - допуску, без нагляду доручили відремонтувати роз'єднувальну засувку Д (рис.2.1). Перекривши засувки Бн і Гн, вони з лінії конденсатопроводу А - Д скинули тиск в конденсаційний бак 1, а з нього - через підняті запобіжні клапани. Закривши засувку А, залишили відкритою засувку Вн, яка знаходиться на лінії всмоктування насоса Н. Надмірний тиск в трубопроводі конденсату на ділянці Б - Д не було скинуто, що і призвело до нещасного випадку, тобто коли слюсарі розібрали роз'єднувальну засувку Д, з корпусу вирвався конденсат з парою, яким обпекло працівників.

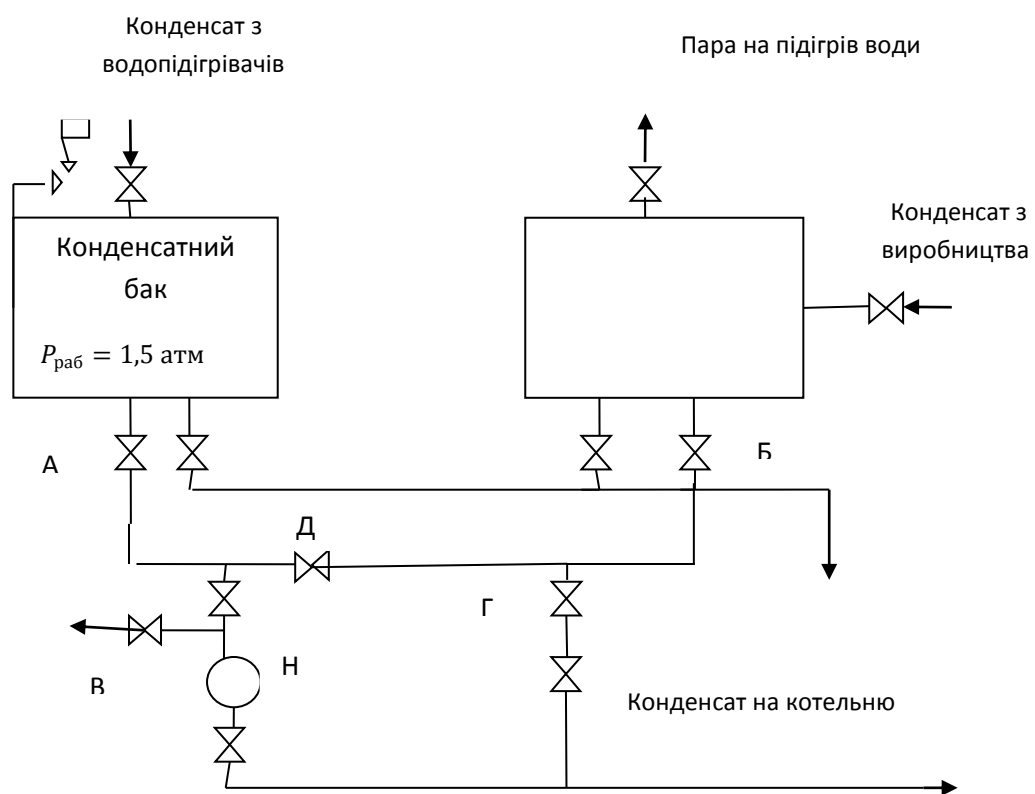


Рис. 2.1 - Схема роботи тепловикористовуючої установки

Для попередження аналогічних нещасних випадків з ціллю розробки експертної системи підтримки прийняття рішення про найбільш ефективний засіб колективного захисту працівників як об'єкт розглянемо детально тепловикористовуючу установку (рис. 2.1) з позицій надійності технічних систем. Тепловикористовуюча установка - комплекс трубопроводів і пристроїв, що використовують теплову енергію для опалення, вентиляції, кондиціонування.

Ефективність котельні - підтримування надійної роботи насосів для енергетичних функцій підприємств теплоенергетичного комплексу (теплоенергоцентралі) для виконання запитів споживачів енергії.

При цьому, запити споживачів енергії виконуються в кілька етапів: з'єднання споживача з джерелом енергії, наприклад, котельнею; випадковими підключеннями споживачів; пуско-налагоджувальні роботи; підтримання безперебійної роботи сталих виробничих (енергетичних) зв'язків; відключення споживачів від джерела енергії.

При відведенні суміші пари і конденсату у відкритий конденсаційний бак пар виділяється в атмосферу, в зв'язку, з чим непродуктивно губляться тепло і конденсат.

Конденсаційний трубопровід, що йде від приладів до конденсаційного бака, служить в даному випадку також і для відводу повітря: його перетин заповнений водою не до кінця. Випуск повітря з системи в атмосферу відбувається через конденсаційний бак.

Конденсат з приладів по трубопроводу відводиться в конденсаційний бак, звідки він подається насосом Н в котел. Якщо бак розташований нижче конденсатопроводу, повітря з системи по конденсатному трубопроводу видаляється через конденсаційний бак. При розташуванні конденсаційного бака вище конденсатного трубопроводу або, при наявності на конденсатопроводі водяних мішків слід встановлювати повітряні крани.

Для запобігання потрапляння пари з системи опалення в конденсаційний бак після кожної групи стояків або перед конденсаційним баком встановлюють конденсаційвідвідники, які затримують пару.

Регулювання параметрів потоку агресивних середовищ, в даному випадку конденсату, підвищеної вологості, викиду пари однозначно для ефективного контролю технологічних процесів.

У даній тепловикористовуючій установці паропровід призначений для подачі пари тиском 140 атм і температурою 540<sup>0</sup>С від котла теплової електричної станції. Труби паропроводу виконані зі сталі 12Х1МФ і з'єднані між собою зварюванням. З метою безпеки паропровід оснащений манометрами і запобіжними клапанами.

Проаналізуємо можливі джерела впливу на паропровід, здатні привести до втрати його працездатності по:

- дії енергії навколишнього середовища, включаючи і людину (функції оператора або ремонтника);
- дії внутрішніх джерел енергії (робочі процеси посудини, що працює під тиском).

Паропровід працює в системі, яка складається також з котла і турбіни. Дану технічну систему (функціональну схему) можна уявити структурною схемою надійності – як послідовну (основну), у вигляді послідовного з'єднання: котел ТЕЦ - паропровід-турбіна. При послідовному з'єднанні загальна надійність всієї системи нижче надійності найслабшого елемента. При цьому, пошкодження енергоблоку (відмова) відбувається, навіть коли буде відмова хоча б одного елемента з трьох.

Тому, дуже важливо знати, що може привести до втрати працездатності паропроводу.

Джерела впливу на паропровід (дія енергії навколишнього середовища):

1. помилки персоналу обслуговуючого паропровід при ремонті, експлуатації, пуску (наприклад, при ремонті роз'єднувальної засувки на лінії



необхідно закрити іншу трубопровідну арматуру, і не залишати відкритими особливо на всмоктуванні насоса, а також виконати скид повітря (так як утворюється надлишковий тиск));

2. порушення правил безпеки устаткування, що працює під надлишковим тиском (можливий вихід пари в атмосферу. якщо немає можливості скидання, наприклад через відвід пари, бак) на ділянці паропроводу;

3. несанкціоноване втручання людини;

4. контрольні-вимірні прилади (манометри) не перевіряють на дефектність і відсутнє діагностування дефектів, відмов;

5. відсутня перевірка на наявність скупчень пари (діагностика повітряних кранів) і місць можливої розгерметизації;

6. відсутній план перевірок паропроводу, плану спостережень за відмовами.

Дії внутрішніх джерел енергії, пов'язаних як з робочими процесами судини:

1. вплив навколишнього середовища - температури, вологості і утворення дефектів на поверхні паропроводу і внутрішніх стінках: -тріщини, каверни (можуть досягати до 80% товщини стінки), корозія;

2. ерозійний вплив робочого середовища;

3. перегрівання води;

4. поява напруг, які можуть перевищувати допустимі робочі значення;

5. утворення значного розмаху напружень в стінках паропроводу в частині навантажувального циклу;

6. навантаження на паропровід під час експлуатації може призводити до порушення межі текучості (особливо напруги пластичної течії в вершині корозійного пошкодження);

7. збільшення розмірів тріщин, каверн (в мм);

8. розгерметизація паропроводу в місці фланцевих з'єднань;

9. розгерметизація паропроводу по зварювальному шву;

## 10. збільшення руйнівної тиску.

Для більш повного аналізу джерел впливу на інженерну інфраструктуру, тепловикористовуючої установки застосуємо метод потенційних відхилень (МПО).

Даний метод потенційних відхилень (МПО) - процедура штучного створення відхилень за допомогою ключових слів. Цим методом аналізують небезпеки процесів і систем. Після того як були встановлені джерела небезпек (системи), необхідно виявити ті відхилення, які можуть привести до порушення роботи обладнання. Для цього розбивають технологічний процес або герметичну систему на складові частини і, створюючи за допомогою ключових слів (табл.1 Додаток Б), що характеризують відхилення від нормального перебігу технологічного процесу та вивчають їх потенційні причини та наслідки, до яких вони можуть призвести.

Рішення проблеми зносу обладнання тепловикористовуючої установки, що в свою чергу при відмові небезпечних елементів може призвести до виробничого травмування ми бачимо в складанні Програм діагностики та оптимізації технологічних параметрів, тобто на кожному етапі технологічного процесу роботи обладнання вибираємо оптимум регулювання параметрів потоку агресивних середовищ: конденсату, підвищеної вологості, викиду пари, що в свою чергу сприяє ефективному контролюванню технологічних процесів. Також вирішити проблему зносу можна навчанням персоналу для роботи в аварійних ситуаціях (через відмову обладнання, перевищення критичних значень технологічних параметрів; температури, тиску, вологості). Для цього, потрібно скласти в програмі навчання специфічні розділи. Так, користуючись таблицею (табл. 1, Додаток Б) можна розбирати гіпотетичні (або реальні) завдання пов'язані з порушенням технологічних регламентів, процесів обладнання, правил безпеки використовуючи вимоги безпеки при обслуговуванні та ремонті тепловикористовуючих установок.

Для попередження в подальшому аварій на ділянці тепловикористовуючої установки при експлуатації конденсатних насосів пропонуємо проведення наступних заходів:

- для позбавлення сторонніх тіл в трубопроводі, необхідно застосовувати промивку витратою від 1,0 до 2,0 м<sup>3</sup> / год;
- необхідно створити тиск затвора рідини в заданих межах за допомогою систем з динамічним принципом підтримки тиску;
- застосування системи запобіжних клапанів, компенсаційних ємностей для виключення переопресування ущільнень тиском, вище розрахункового;
- застосування подвійного ущільнення.

Виходячи з вищевикладеного в планах навчання обслуговуючого персоналу необхідно розглянути:

- технологію плавного регулювання тиску - (режиму відкриття - закриття засувки по мірі секторів (1/4, 1/2));
- навчити користуватися пристроєм для пошуку протікання для виконання перевірки розподільника потоків конденсату;
- технологію відкриття запобіжних клапанів.

З метою контролю роботи обладнання необхідно:

- навчити встановленню, випробуванню та експлуатації пристроїв контролю кількості конденсату в баці та манометрів для контролю тиску;
- навчити роботі з вимірювальною апаратурою.

## 2.2 Розробка діагностичної експертної системи байєсівського типу

Для одного з елементів тепловикористовуючої установки (рис. 2.1). Так розглянемо розробку системи, що дає можливість дати логічний вивід ефективної підтримки рішень способу вирішення проблем з відмовою на прикладі конденсатного насоса Н. Ротор насоса складається з вала, робочого колеса, захисних втулок і масловідбивачів. Опорами служать підшипники

ковзання. Можливе неврівноважений зусилля ротора сприймається здвоєним радіальним підшипником. Мастило підшипників - від маслоохолоджувача.

Кінцеві ущільнення можуть бути двох взаємозамінних варіантів: сальникові і торцеві ущільнення. Торцеві ущільнення охолоджуються водою від напірного трубопроводу до камер ущільнень.

Термін служби таких ущільнень невеликий: від 1 до 18 місяців.

Відмови конденсатних насосів, а їх робота дуже важлива в комплексі експлуатації теплоелектроцентралей, їх прояв економічності і надійності роботи пов'язані в першу чергу в наявності і потраплянні води, при перекачуванні води, порушуючи тим самим водно-хімічний режим, а також поступове руйнування ущільнень і підшипникових елементів, при трясці насосів.

Загальна продуктивність таких насосів визначається максимальною витратою конденсату турбіни з урахуванням підведення дренажів, хімічно очищеної води. Продуктивність конденсатних насосів обирається за умовами річного періоду з урахуванням погіршення вакууму і збільшення витрати пари.

Особливість роботи конденсатного насоса полягає в тому, що він відкачує рідину, температура якої близька до температури насичення. Це створює умови для зриву роботи насоса і виникнення кавітаційних явищ.

Змінити умови всмоктування можливо лише збільшенням висоти підпірного стовпа рідини на всмоктуванні насоса і переходом на зниження числа обертів. Однак перша умова пов'язана зі значним заглибленням насосного агрегату щодо рівня конденсату в конденсаторі, що збільшує витрати зі спорудження установки. Виконання другої умови призводить до збільшення ваги габаритів самого насоса і його електроприводу.

Для розробки простої діагностичної експертної системи байєсівського типу найперше визначають вимоги до системи і набір обов'язкових характеристик (інформаційних атрибутів).

1. Для розробки виберемо експертну систему діагностичного типу, призначеної для пошуку несправності насосних агрегатів з конденсатними насосами, що обслуговують котельню підприємства енергетичного комплексу.

Знаючи критичні стани, ми зможемо в подальшому знизити навантаження на таку систему з обґрунтуванням затрат на ремонти і знизити імовірність відмови.

2. Обираємо наступні діагностичні гіпотези, з аналізу проблем: відмова підшипникових елементів, порушення ущільнень насоса, поступовий знос ротора.

3. Для обраних гіпотез визначаємо апріорні ймовірності  $p(H_i)$

Дані були отримані в результаті статистичного дослідження експлуатаційних випробувань - використовуючи довідкову літературу по інтенсивностям відмов елементів насоса (показникам безвідмовності технологічного обладнання хімічній промисловості) (табл. 2.1) [7].

Таблиця 2.1

Статистичні дані по інтенсивностям відмов ( $\lambda$ ) елементів конденсатного насоса

Назва елемента	Інтенсивність відмов $\lambda$ , 1/год
Підшипники шарикові	$0,87 \cdot 10^{-6}$
Торцьове ущільнення	$150 \cdot 10^{-6}$
Вал ротора	$3 \cdot 10^{-4}$

Використовувалась функція розподілу ймовірностей для експоненційного теоретичного закону розподілу відмов:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (2.1)$$

де  $\lambda$  – ітенсивність відмов.

Відповідно: ймовірність  $p(S_1) = 0,06$  (відмова підшипникових елементів),  $p(S_2) = 0,05$  - порушення ущільнень насоса,

$p(S_3) = 0,1$  поступовий знос ротора

4. Вибрані гіпотези можуть проявлятися через такі події (симптоми): тряска насосу, осьовий зсув ротора через невірне збирання насоса, термічне розширення валу, невірний підбір підшипника на валу (порушення допусків)

5. Встановлюємо умовні ймовірності подій при істинності гіпотез.

У таблиці 2.2 наведені значення умовних ймовірностей подій при істинності гіпотез. Також вказані імовірності зворотних подій.

Таблиця 2.2

Значення умовних ймовірностей подій

$P(H_i   E_j)$		$H_1$	$H_2$	$H_3$
Тряска насосу	+	0,03	0,05	0,06
	-	0,95	0,95	0,94
осьовий зсув ротора	+	0,05	0,2	0,1
	-	0,95	0,8	0,9
термічне розширення валу	+	0,1	0,15	0,2
	-	0,9	0,85	0,8
невірний підбір підшипника на валу (порушення допусків)	+	0,83	0,5	0,6
	-	0,17	0,5	0,4

Використовувались формули умовної ймовірності:

$$\text{Наприклад } P(B/C) = \frac{P(BC)}{P(C)} = \frac{0,005}{0,1} = 0,05 \quad P(A/C) = \frac{P(AC)}{P(C)} = \frac{0,006}{0,1} = 0,06$$

Використовуємо формулу повної ймовірності Байеса:

$$p(H_i/E_i) = \frac{P(E/H_i)p(H_i)}{\sum_{k=1}^m p\left(\frac{E_i}{H_k}\right) \times p(H_k)}, i = 1,2,3 \quad (2.2)$$

де Н - подія, що полягає в тому, що дана гіпотеза вірна;

Е – подія, що полягає в тому, що є симптом, який може підтвердити правильність гіпотези;

$p(H_i/E_i)$  - апостеріорна ймовірність;

$p(H_i)$  - апіорна ймовірність гіпотези (відмови елемента);

$\sum_{k=1}^m p\left(\frac{E_i}{H_k}\right) \times p(H_k)$ - сума добутків ймовірності кожної гіпотези на ймовірність симптомів при кожній з гіпотез.

*Так для тряски насосу:*

$$p\left(\frac{H_1}{E_1}\right) = \frac{0,03 \cdot 0,06}{0,03 \cdot 0,06 + 0,05 \cdot 0,05 + 0,06 \cdot 0,1} = 0,17$$

$$p\left(\frac{H_2}{E_1}\right) = \frac{0,05 \cdot 0,05}{0,03 \cdot 0,06 + 0,05 \cdot 0,05 + 0,06 \cdot 0,1} = 0,243$$

$$p\left(\frac{H_3}{E_1}\right) = \frac{0,06 \cdot 0,1}{0,03 \cdot 0,06 + 0,05 \cdot 0,05 + 0,06 \cdot 0,1} = 0,582$$

Видно, що після того як сталася тряска насосу довіра до гіпотез  $H_1$  і  $H_2$  знизилася, в той час як довіра до гіпотези  $H_3$  (поступовий знос ротора) зростає

Аналогічно розраховуємо й інші ймовірності і заповнюємо таблицю 2.3.

Значення умовних ймовірностей подій при істинності гіпотез

$P(H_i   E_j)$		$H_1$	$H_2$	$H_3$
Тряска насосу	+	0,17	0,243	0,582
	-	0,83	0,95	0,757
осьовий зсув ротора	+	0,13	0,434	0,435
	-	0,87	0,566	0,565
термічне розширення валу	+	0,18	0,224	0,6
	-	0,82	0,776	0,4
невірний підбір підшипника на валу (порушення допусків)	+	0,372	0,018	0,44
	-	0,628	0,982	0,56

7. Таким чином, механізм логічного висновку експертної системи призведе до наступного висновку: "Необхідно проводити періодичні ремонти, змащення та недопущення утворення проточних кілець, виправлення осьового для подовження експлуатаційного періоду ротору".



## ВИСНОВОК

Вибір вірного рішення на виробництві, де на працюючого дії безліч небезпечних та шкідливих чинників, відбувається часто зміна параметрів технологічного процесу з відхиленнями від нормального їх перебігу на виробництві процесів за методами підтримки прийняття рішень можливо виконати тільки з використанням нормативних документів, прикладних програм сучасних інформаційних технологій, методів якісного і кількісного порівняння для виконання економічно і технічно обґрунтованих засобів захисту працівників.

Такі рішення обґрунтовано дозволяють:

- зменшити матеріальні збитки та можливість травмування людей;
- заощадження матеріально-ресурсної бази;
- виконувати оптимальне комплектування та розставлення людських ресурсів для локалізації негативних проявів джерел небезпек;
- зниження витрат на виконання комплексу робіт по встановленню засобів захисту за різноманітними сценаріями (альтернативами) із залученням експертних оцінок значущих критеріїв (пріоритетів).

Використовуючи наведені в роботі прикладні розробки виконані за методами підтримки прийняття рішення є можливість користуватися за допомогою сучасних інформаційних технологій інструментом дослідження змінних, виділення серед них залежних і незалежних, фіксації даних натурного або віртуального експерименту або спостереження за вдалістю висунутих гіпотез за допомогою теорії прийняття рішень, імовірнісного моделювання, методу аналізу надійності і критичності відмов обладнання, методу потенціальних відхилень.

## Список використаної літератури

1. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень/В.Ф. Ситник. –К.: КНЕУ, 2009. – 614 с.
2. Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Метод і моделі аналізу ієрархій. Теорія. Застосування навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ» 2010. -372 с.
3. В. В. Циганок Метод обчислення ваг альтернатив на основі результатів парних порівнянь, проведених групою експертів / В. В. Циганок// Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2008. - Т. 10, № 2. – с.121-127
4. Гусева Л.В., Маляров М.В., Панина Е.А., Щербак Г.В., Яковлева И.А. Информатика и компьютерная техника: Практикум / Под общ. ред. Г.В. Щербака. – Харьков: УГЗУ, 2009. – 313 с.
5. Гусева Л.В., Журавський М.М, Маляров М.В., Паніна О.О., Пікрасов М.М. Информатика та інформаційні технології у цивільній безпеці/ Під заг. ред. М.В. Малярова. - Харків: НУЦЗУ, 2015. - 330 с.
6. Э. Хенли, Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М . – Машиностроение. -1984. -528 с.
7. Рахмилевич З.З. Насосы в химической промышленности: Справ. изд. М.: Химия, 1989. -240 с.
8. Інформаційні системи в менеджменті /Ю.М.Мінаєв, В.П. Бочарников, О.Ю. Філімонова, М.М. Гузій. –К.: Вид-во Європ. У-ту, 2003 . – 191 с.

# ДОДАТКИ

## Додаток А.1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2																		
3						Матриця порівнянь для другого рівня домінантної ієрархії						Нормалізований вектор (матриця-стовбець)		Сума значень нормалізованого вектора	Локальні пріоритети			
4		1	Вартість			1	2	4	6	8	1		2,696012309		8,416208491		0,320335732	
5		2	Ефективність захисту		0,5	1	4	5	6	0,5		1,762734383					0,20944519	
6		3	Складність експлуатації		0,25	0,25	1	3	5	0,25		0,785208901					0,093297225	
7		4	Можливість обслуговування		0,16667	0,2	0,33333	1	0,5	0,25		0,334024188					0,039688203	
8		5	Сумісність		0,125	0,166667	0,2	2	1	0,125		0,31838661					0,037830171	
9		6	Середній строк роботи		1	2	4	4	8	1		2,5198421					0,299403479	
10																		
11																		
12																		
13			Методи захисту:			Матриця парних порівнянь для кожного пріоритету						Нормалізований вектор		Сума значень нормалізованого вектора	Локальні пріоритети			
14		M1	Планувальні рішення	1	M1	M2	M3	M4	M5	M6								
15		M2	Зниження шуму в джерелі виникнення		1,000	0,333	1,000	0,250	0,200	0,111		0,350429807		9,36221777			0,037430213	
16		M3	Звукопоглинальні конструкції		3,000	1,000	0,333	0,333	0,500	0,125		0,524557532					0,056029196	
17		M4	Звукоізоляція		1,000	3,000	1,000	0,250	0,333	0,143		0,573861375					0,061295453	
18		M5	Акустичний екран		4,000	3,000	4,000	1,000	3,000	0,167		1,69838133					0,181408014	
19		M6	зіз		5,000	2,000	3,000	0,333	1,000	0,167		1,088866889					0,116304375	
20					9,000	8,000	7,000	6,000	6,000	1,000		5,126120837					0,54753275	
21																		
22					3													
23					1,000	0,500	2,000	3,000	4,000	7,000		2,092730069		8,36296732			0,250237743	
24					2,000	1,000	3,000	5,000	4,000	8,000		3,140835605					0,375564735	
25					0,500	0,333	1,000	3,000	4,000	7,000		1,552463289					0,18563546	
26					0,333	0,200	0,333	1,000	2,000	5,000		0,778271716					0,093061671	
27					0,250	0,250	0,250	0,500	1,000	5,000		0,582496525					0,069651895	
28					0,143	0,125	0,143	0,200	0,200	1,000		0,216170115					0,025848495	
29																		
30					5													
31					1,000	2,000	0,500	0,500	2,000	4,000		1,25992105		7,18194838			0,175428865	
32					0,500	1,000	3,000	5,000	5,000	7,000		2,530394401					0,35232701	
33					2,000	0,333	1,000	2,000	3,000	2,000		1,414213562					0,196912243	
34					2,000	0,200	0,500	1,000	2,000	3,000		1,030853321					0,143533936	
35					0,500	0,200	0,333	0,500	1,000	2,000		0,567300445					0,078989769	
36					0,250	0,143	0,500	0,333	0,500	1,000		0,3792656					0,052808177	

Рис. 1 – Обчислювальна програма за методом парних порівнянь в середовищі MS Excel

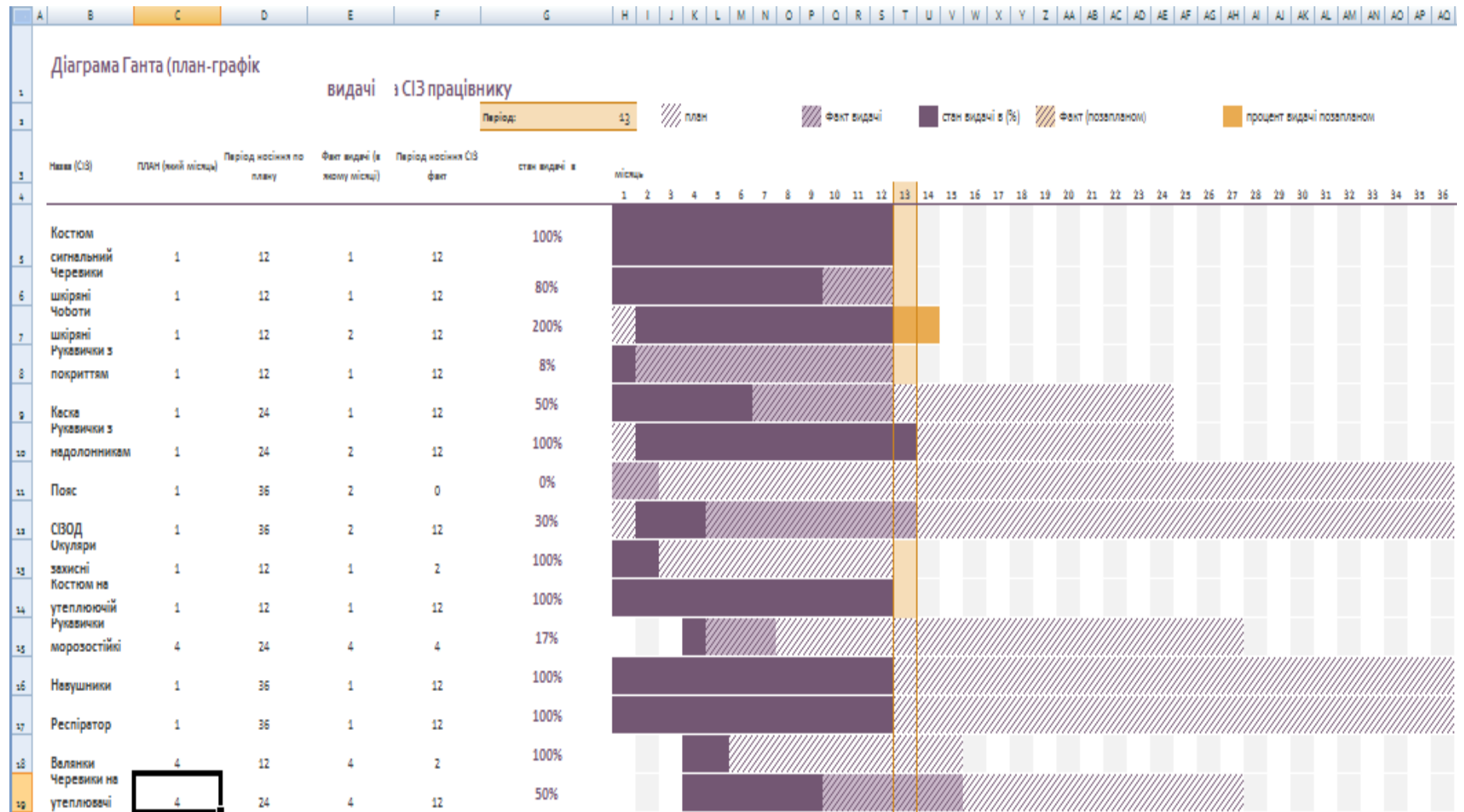


Рис.2 - План-графік видачі ЗІЗ працівникові (діаграма Ганта в MS Excel)

Звіт про результати дослідження роботи тепловикористовуючої установки з метою регулювання потоків конденсату з водопідігрівачів і з виробництва на котельню (рис.2.1) за методом потенціальних відхилень («ключових слів»)

Ключове слово	Відхилення від нормального процесу	Можливі причини	Наслідки	Необхідні дії
НІ, НЕ	Не надходить потік. Не скинутий тиск	1) проблема регулюючого клапана; 2) закриті засувки або не працюють: корозія, відсутність змазки, переведений в режим спрацювання по значенню, заклинювання; 1) проблема регулюючого клапана; 2) не працює насос (навіть з резерву)	Підвищується можливість в трубопроводі розширення газу з підвищенням кількості конденсату, збільшується небезпека розриву арматури, розгерметизація трубопроводу Відсутність можливості вентилявання	Встановити регулюючий клапан; зворотній клапан (ремонт)
МЕНШЕ	Кількість МЕНШЕ вихідного продукту (конденсату)	Помилка операторів при експлуатації, помилки при контролі по зменшенню продуктивності та ефективності відкриття арматури Коливання оператора у визначенні	Можливість накопичення газів в різних ділянках ліній установки	Контроль в замірних точках тиску манометрами

		ступеня відкриття вентилів		
НИЖЧЕ	Скидання тиску менше необхідного за регламентом	Вимоги технологічного процесу	Накопичення конденсату в одній точці лінії установки	Погоджувати вимоги технології виконання робіт з регламентом
ТАК САМО ЯК	Переміщення конденсату по шляху який не запланований напрямком на ділянці Перемішування (надходження) повітря з конденсатом	Перехід рідини з області низького в високий тиск (кавітація), розрідження Відсутня герметичність трубопроводу на ділянці (від...до)	Перепади тиску в трубопроводі, неможливість вирівнювання тиску	періодичний контроль герметичності ліній (трубопроводів) Виявлення джерел надходженні інших домішок в лінію Стежити за справністю запірної арматури
ЧАСТИНА ЧОГО-ЯКИХ	Тільки ЧАСТИНА конденсату заповнює конденсатний бак	Частина приходить по лінії до розгалуження на додаткову ємність Є наявні перешкоди Частина конденсату приходить по лінії до виводу на котельню	Неможливість точного контролю розподілу конденсату по мережі	Встановити пристрій контролю кількості конденсату в баці
ЗВОРОТНІ	Зворотні потоки речовини	Відкриття скидання тиску до	Немає надходження конденсату в лінію подачі,	При невірному

Й	Явище зворотного «схлопування» тиску, гідравлічного удару з системи в бак	закриття клапанів на вихідному потоці; дефекти на ділянці лінії всмоктування насоса, перемішування конденсату від водопідігрівачів і з виробництва	збільшується небезпека розриву	підключені перевірка наявності факту можливості роботи (наприклад, насосу) Встановити технологічний режим відкриття вентилів , поступове збільшення тиску і температури
ІНАКШЕ НІЖ	Потік конденсату заповнює ємність для регулювання скидання тиску і потрапляє на ділянку лінії з переповненням Відхилення роботи елементів установки і режиму процесу	Відмова арматури Відхилення Температура, рівень, тиск, витрата Наявність інших компонентів (не запланованих по технології в потоці вихідної речовини)	Збільшується небезпека розриву, нанесення травм персоналу	Виконати перевірку розподільника потоків конденсату

БІЛЬШЕ	Перевищення допустимого тиску конденсатного бака, Збільшення кількості пари	Відсутність контролю за пропускнуою здатністю (вентилів по ходу) Перевищення скидання тиску з лінії конденсатопроводу А -Д, нещільності арматури, відключення  Помилка персоналу (контроль)	Розрив конденсатного бака, вихід пара в атмосферу з нанесенням травм працівникам у вигляді опіків Підвищується можливість в трубопроводі розширення газу	Контроль роботи запірної арматури, Відпрацювання механізму плавного регулювання тиску - режиму відкриття - закриття засувки по мірі секторів (1/4, 1/2).