

КОМП'ЮТЕРНА ДІАГНОСТИКА І МОНІТОРИНГ СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**Розділ 2 : “Аналіз структури мехатронних систем
АТЗ як об'єкту діагностики”**

**Тема 5 : “Побудування та аналіз діагностичної моделі
системи керування”**

Доц. Бороденко Ю.М.

ЗМІСТ

2.1. Загальні характеристики мехатронних систем автомобіля

- 2.1.1. Призначення та класифікація систем керування АТЗ
- 2.1.2. Структура та склад мікропроцесорних систем керування.
- 2.1.3. Реалізація алгоритмів, оптимального керування.
- 2.1.4. Особливості реалізації комбінованих систем керування.

2.2. Функціональна структура мікропроцесорних систем керування ДВЗ

- 2.2.1. Реалізація систем керування ДВЗ.
- 2.2.2. Функціональна та структурна ідентифікація систем керування подачею палива
- 2.2.3. Особливості улаштування та функціонування комплексних систем керування.
- 2.2.4. Діагностичні параметри елементів системи керування та способи їх контролю.

2.3. Побудування та аналіз діагностичної моделі системи керування

- 2.3.1. Завдання та умови побудування діагностичних моделей
- 2.3.2. Методи визначення діагностичних тестів.
- 2.3.3. Визначення пріоритетних перевірок.
- 2.3.4. Побудування алгоритмів діагностування та оцінка ефективності їх впровадження.

2.3.1 Завдання та умови побудування діагностичних моделей

Побудування ДМ



Аналіз ДМ

За першим аспектом ТД визначити:

1. Структуру системи та функціональні зв'язки між її елементами;
2. Перелік та значення структурних і вихідних діагностичних параметрів;
3. Перелік несправностей системи та їх ймовірності;
4. Витрати на постановку діагнозу.

За другим аспектом ТД

1. Визначення ДТ. 2. Побудування АД

Задачі розробника ДС:

1. Аналіз режимних параметрів для СМ.
2. Побудування експертної системи ДП.
3. Інтегрування ДС в СК.
4. Розробка засобів діагностування.
5. Розробка технологій діагностування.

Структурна
ідентифікація
несправності

0/1

**Формулювання
завдання на ДМ**

Параметрична
ідентифікація
несправності

%

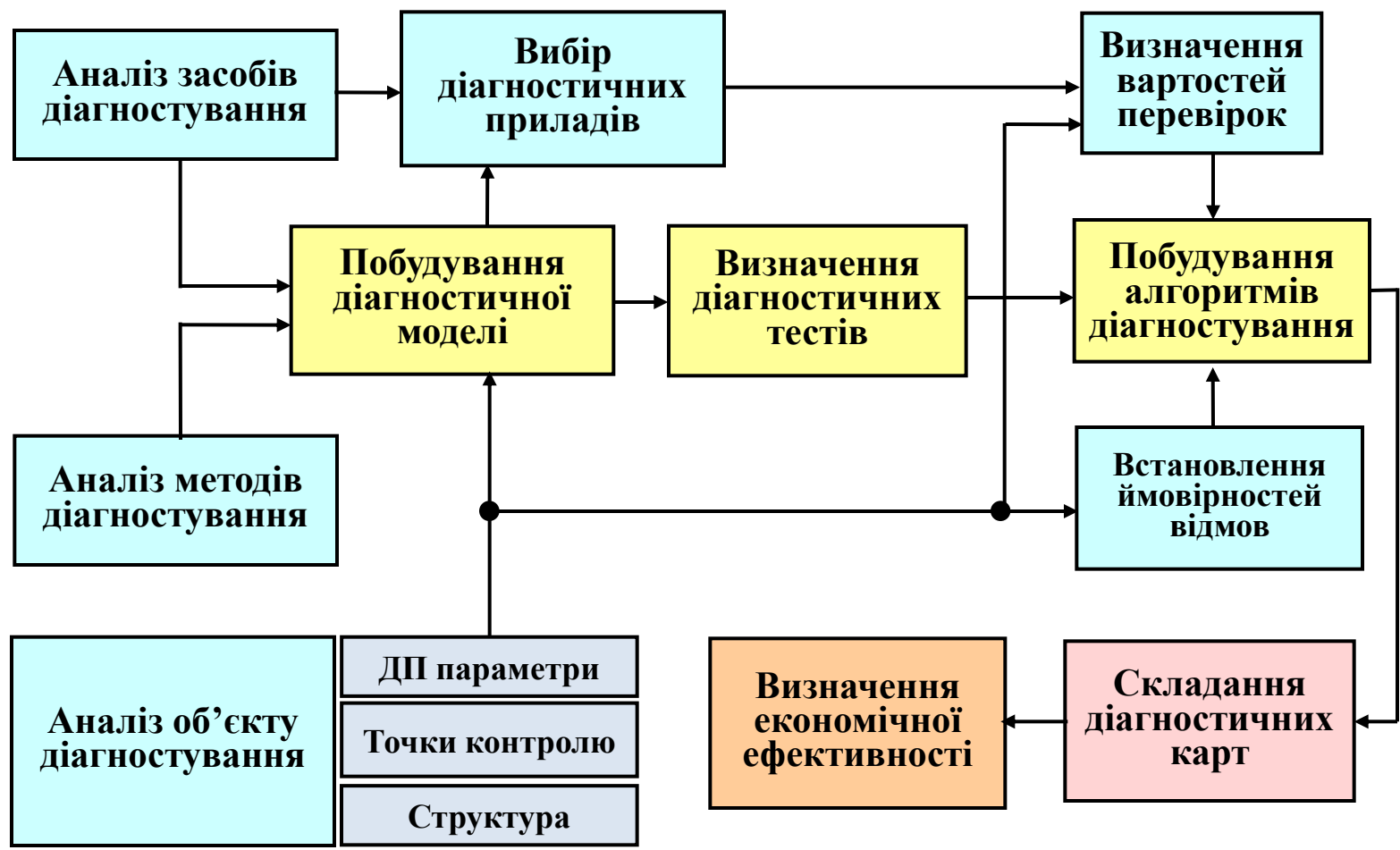
На етапі розробки СК

В період експлуатації

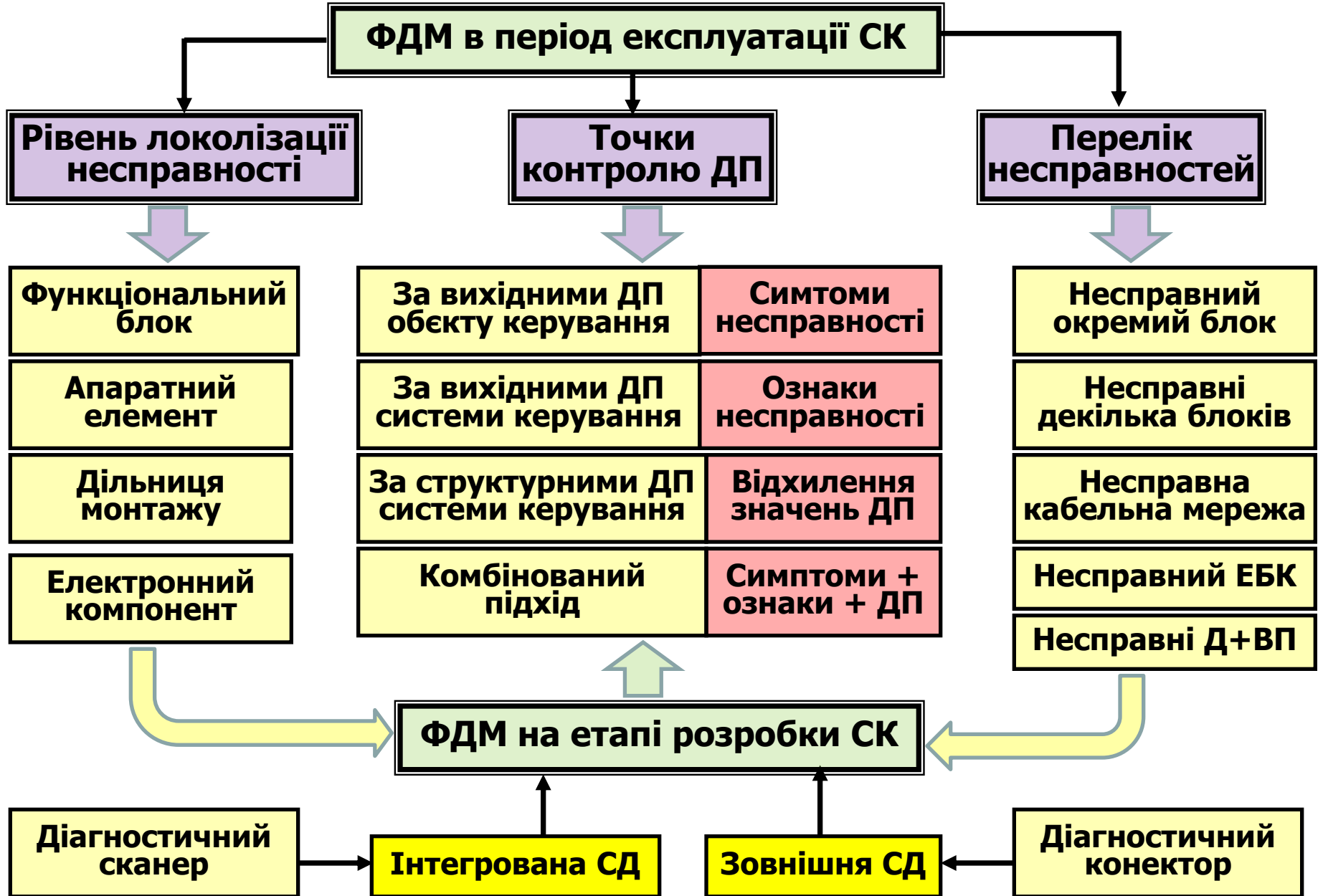
Структура дослідження СК в розробці



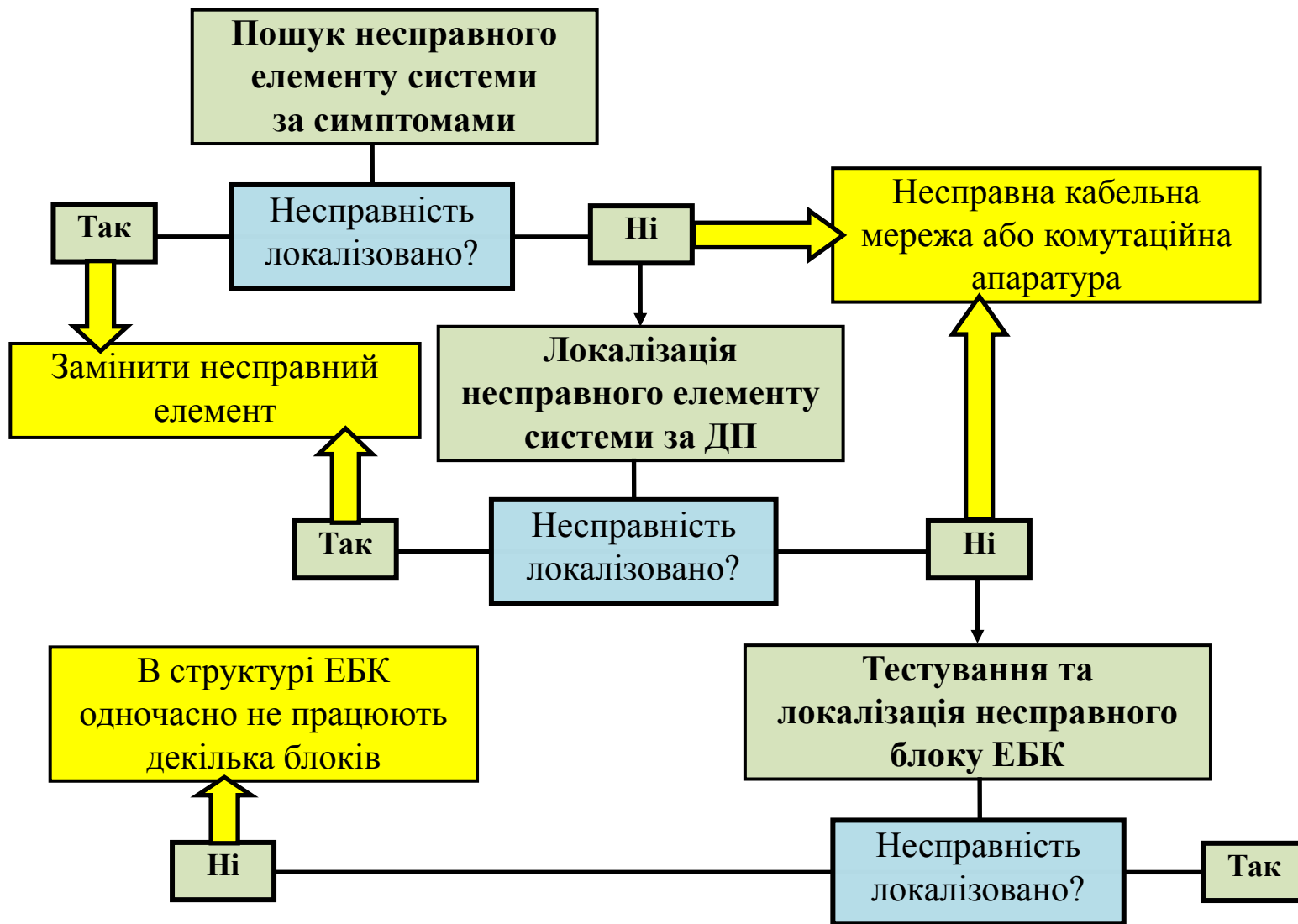
Структура дослідження СК в експлуатації



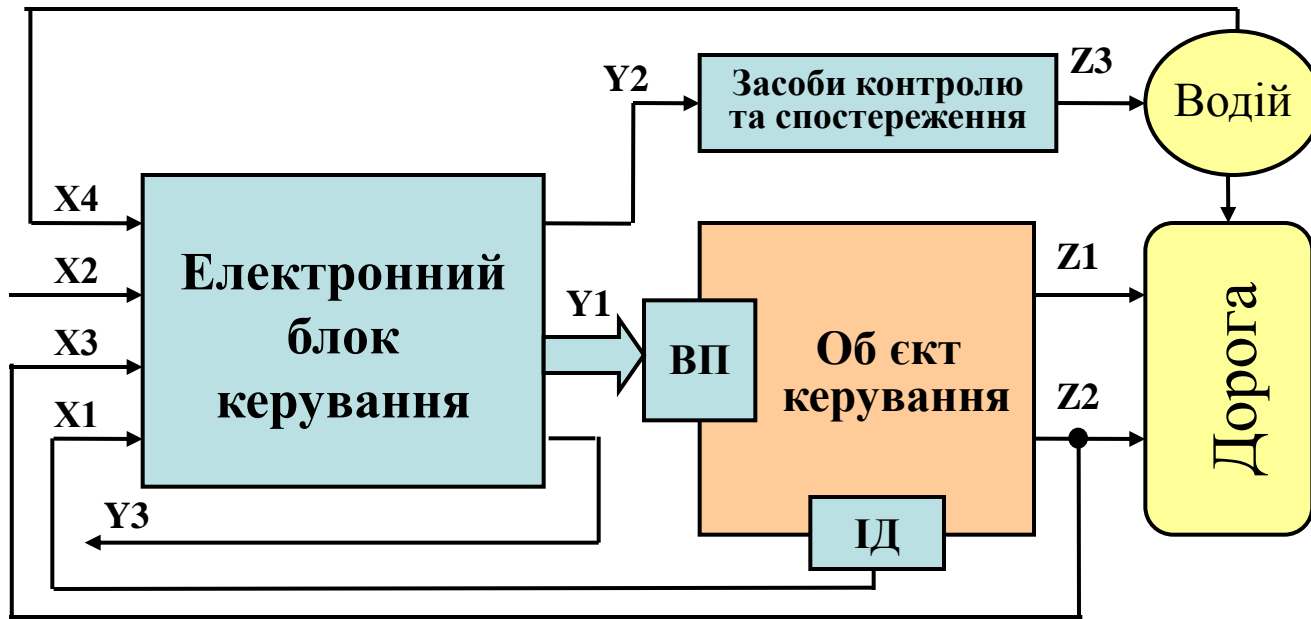
Умови побудування ФДМ



Етапи діагностування системи керування



Функціональна схема системи "Автомобіль-водій-дорога"



Вхідні сигнали

X1-датчиків структурних параметрів об'єкту керування
X2-не пов'язані з об'єктом керування
X3-датчиків вихідних параметрів об'єкту
X4-від датчиків органів керування

Сигнали керування

Y1-управління виконавчим пристроєм
Y2-інформаційні для контролю
Y3-управління для інших систем

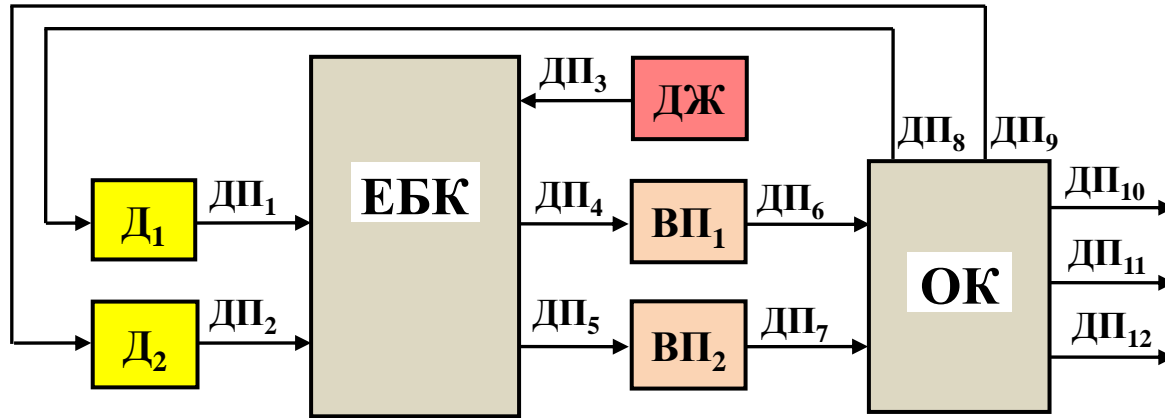
Вихідні сигнали

Z1-вихідний розімкнений.

Z2-вихідний замкнутий.

Z3-вихідний контролю

Узагальнена структура мехатронної системи



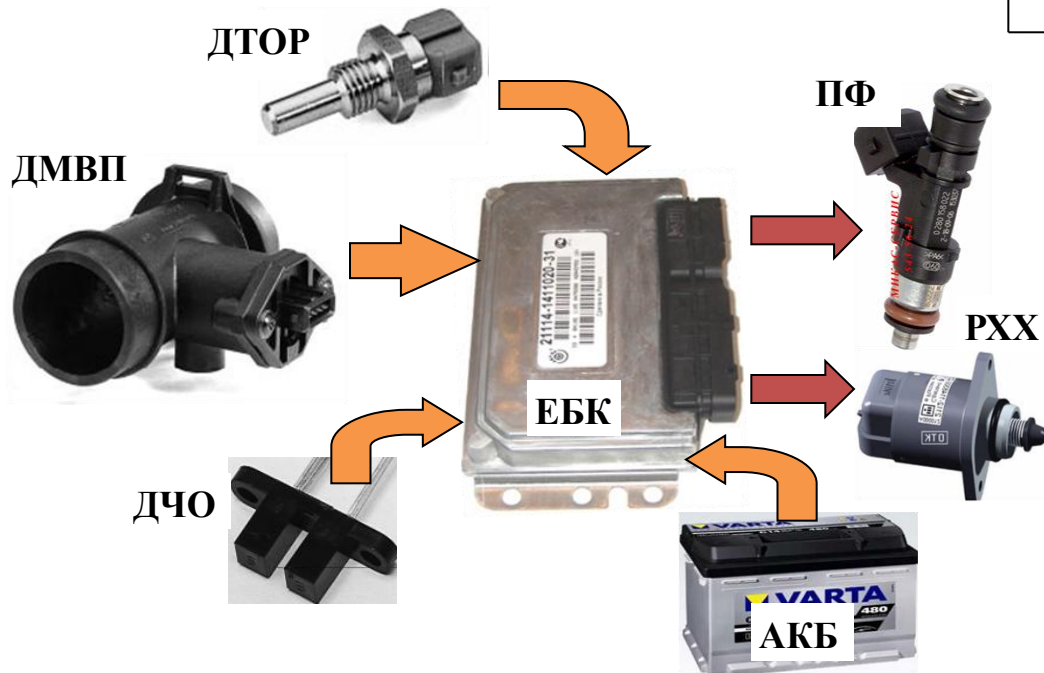
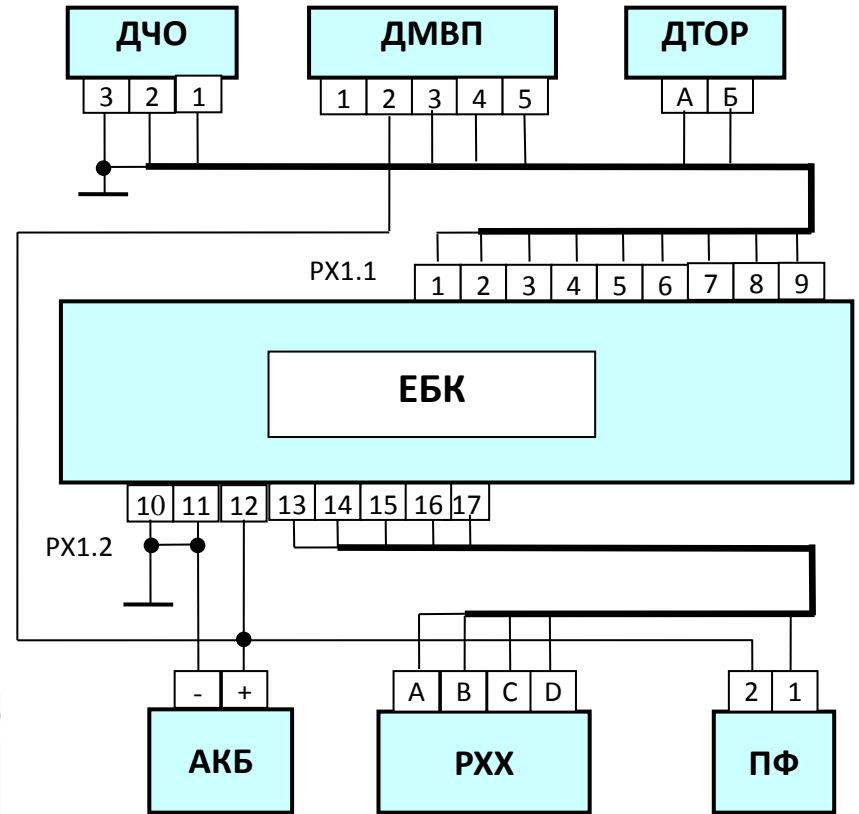
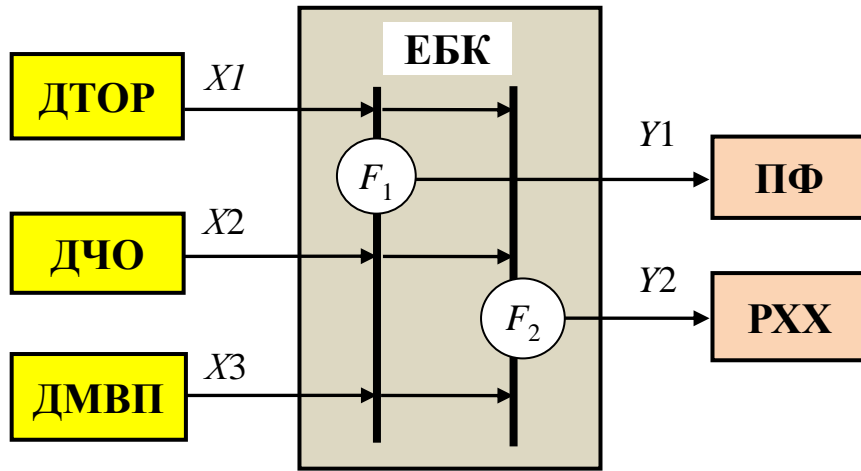
Д – датчики; ВП – виконавчі пристрої; ДЖ – джерело живлення; ОК – об’єкт керування; ДП₁...ДП₉ – структурні параметри мехатронної системи (ДП₁...ДП₅ – електричні, ДП₆...ДП₉ – неелектричні); ДП₁₀...ДП₁₂ – вихідні параметри мехатронної системи (неелектричні).

Структурні ДП системи керування – параметри електричного сигналу (ДП₁...ДП₅), що вимірюються (реєструються) за допомогою засобів діагностування (апаратна діагностика).

Ознаки несправності системи керування – негативна реакція виконавчих пристроїв (ДП₆, ДП₇) системи (спрацьовування актуаторів), розглядаються, як вихідні діагностичні параметри (суб’єктивна оцінка).

Симптоми несправності системи керування – негативна реакція об’єкту керування мехатронної системи (ДП₁₀...ДП₁₂), спричинена несправністю системи керування (суб’єктивна оцінка).

Вихідні дані для побудовання ДМ



Завдання на ФДМ прикладу СК

**Рівень локалізації
несправності**

**Точки
контролю ДП**

**Перелік
несправностей**

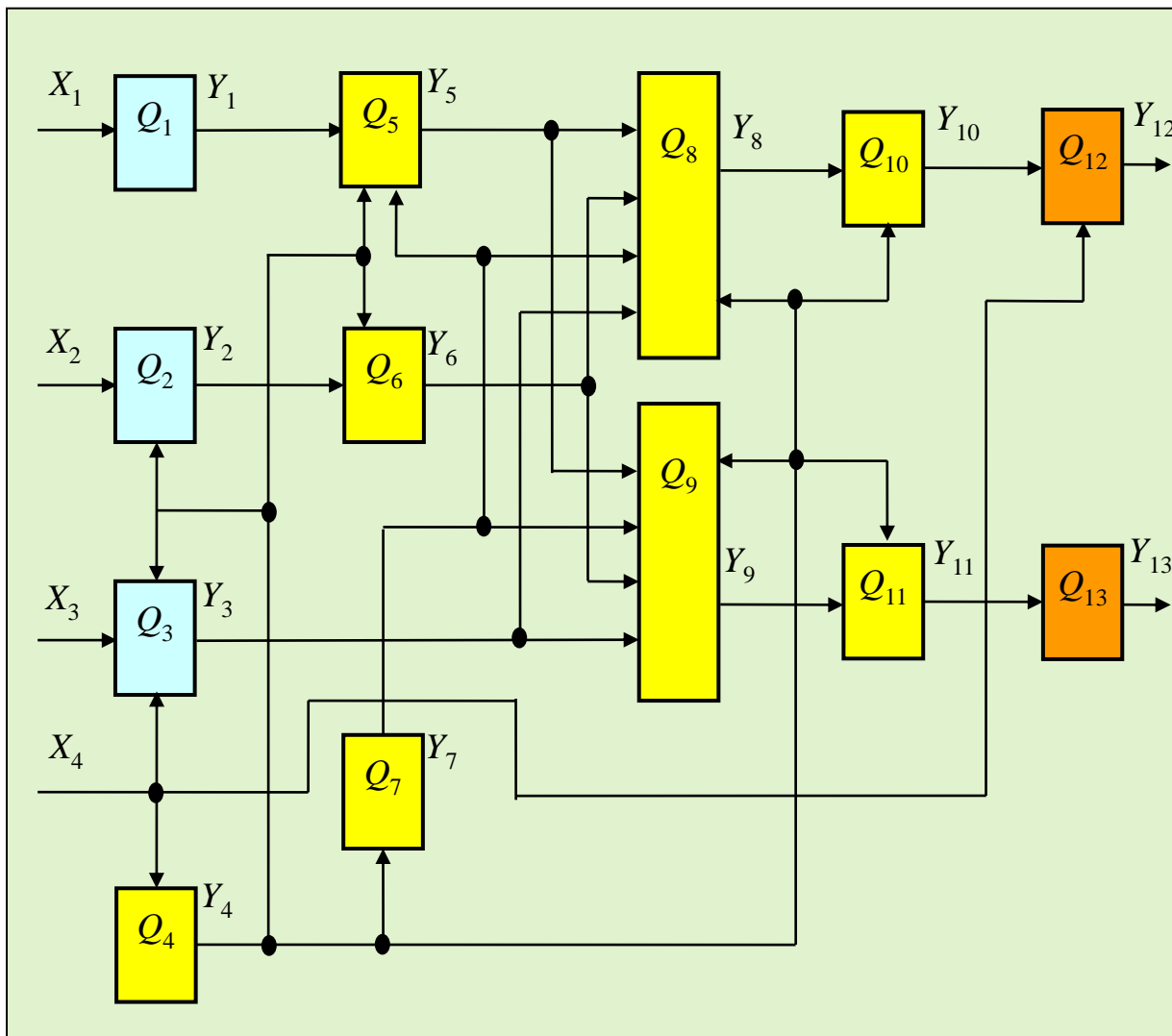
Локалізувати несправність до рівня функціонального блоку системи, якщо контроль ДП може здійснюватися на виходах всіх її функціональних блоків, вважаючи, що несправним може бути будь-який але тільки один функціональний блок.

1. Встановити розрізняльність станів при локалізації несправності до рівня апаратного елемента системи. Контроль ДП може здійснюватися за симптомами несправностей ДВЗ або за ознаками спрацьовування виконавчих пристроїв.

2. Встановити розрізняльність станів при локалізації несправності до рівня апаратного елемента системи. Контроль ДП може здійснюватися на виводах ЕБК (метод конектору).

3. Встановити розрізняльність станів при локалізації несправності до рівня апаратного елемента системи. Контроль ДП може здійснюватися на виходах всіх функціональних блоків (комбінований підхід).

Функціональна діагностична модель системи керування

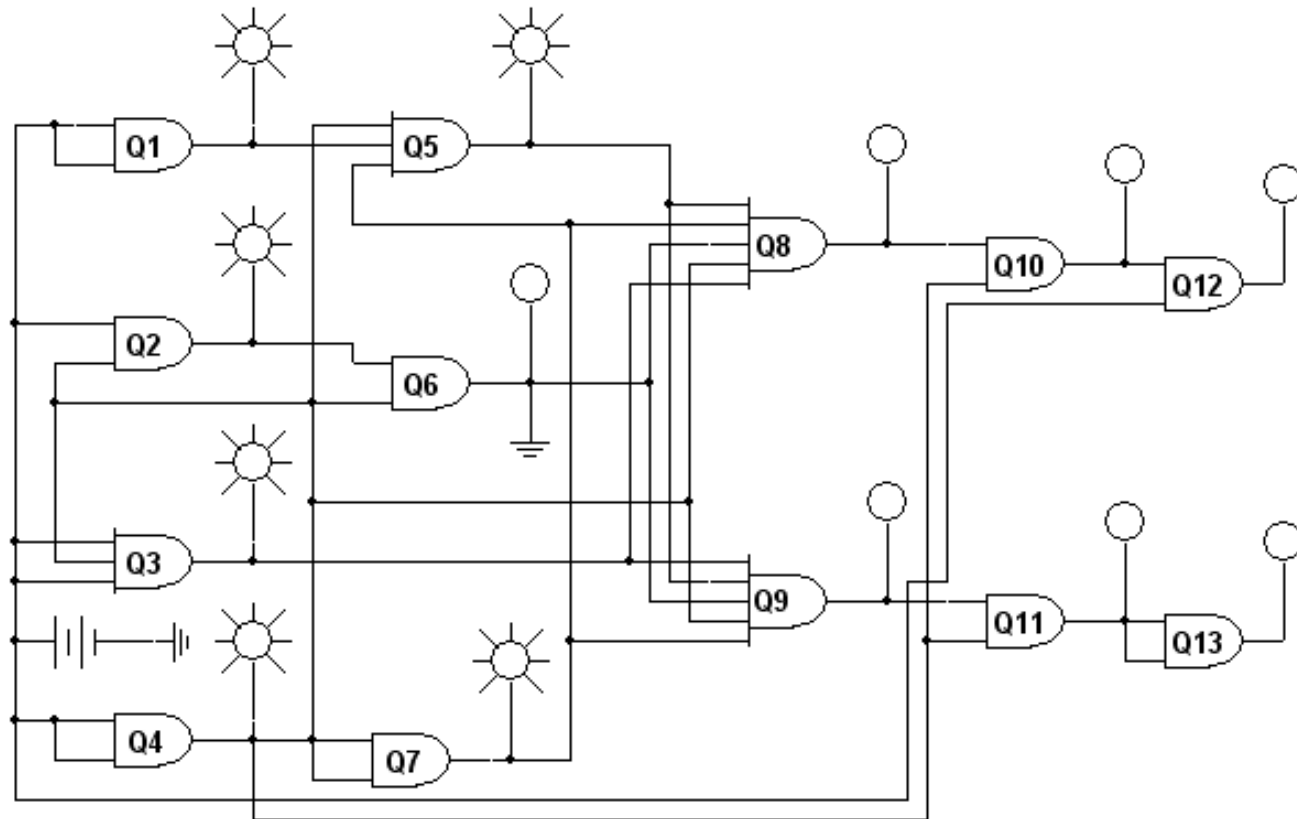


Поз	Назва блока	U
Q ₁	Датчик температури охолоджуючої рідини	-
Q ₂	Датчик частоти обертання	5
Q ₃	Датчик масової витрати повітря	5, 12
Q ₄	Стабілізатор напруги +12/5В.	12
Q ₅	Схема узгодження сигналу ДТОР (ЕБК)	5
Q ₆	Схема узгодження сигналу ДЧО (ЕБК)	5
Q ₇	База часу	5
Q ₈	Канал керування форсункою (ЕБК).	5
Q ₉	Канал керування РХХ (ЕБК).	5
Q ₁₀	Драйвер паливної форсунки (ЕБК)	5
Q ₁₁	Драйвер регулятора холостого ходу (ЕБК)	5
Q ₁₂	Клапан форсунки	12
Q ₁₃	Регулятор холостого ходу	-

2.3.2 Методи визначення діагностичних тестів

- перетворення схеми ДМ до вигляду функцій перетворення;
- формування матриці станів на підставі функцій перетворення;
- форматування таблиці покриттів на підставі матриці станів;
- скорочення таблиці покриттів та отримання переліку перевірок, які утворюють ДТ.

Діагностична модель системи керування побудована на логічних елементах



Складання функцій перетворення

$$Y_1 = X_1 \cdot Q_1,$$

$$Y_2 = X_2 \cdot Y_4 \cdot Q_2,$$

$$Y_3 = X_3 \cdot X_4 \cdot Y_4 \cdot Q_3,$$

$$Y_4 = X_4 \cdot Q_4,$$

$$Y_5 = Y_1 \cdot Y_4 \cdot Y_7 \cdot Q_5,$$

$$Y_6 = Y_2 \cdot Y_4 \cdot Q_6,$$

$$Y_7 = Y_4 \cdot Q_7,$$

$$Y_8 = Y_3 \cdot Y_4 \cdot Y_5 \cdot Y_6 \cdot Y_7 \cdot Q_8,$$

$$Y_9 = Y_3 \cdot Y_4 \cdot Y_5 \cdot Y_6 \cdot Y_7 \cdot Q_9,$$

$$Y_{10} = Y_4 \cdot Y_8 \cdot Q_{10},$$

$$Y_{11} = Y_4 \cdot Y_9 \cdot Q_{11},$$

$$Y_{12} = X_4 \cdot Y_{10} \cdot Q_{12},$$

$$Y_{13} = Y_{11} \cdot Q_{13}.$$

Бінарна таблиця несправностей (матриця станів)

Стани S_i	Перелік перевірок P_j												
	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12	П13
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
S_2	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
S_3	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_5	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
S_6	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
S_7	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S_8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
S_9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
S_{10}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
S_{11}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
S_{12}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
S_{13}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

$$Y_1 = X_1 \cdot Q_1,$$

$$Y_2 = X_2 \cdot X_4 \cdot Q_2 \cdot Q_4,$$

$$Y_3 = X_3 \cdot X_4 \cdot Q_3 \cdot Q_4,$$

$$Y_4 = X_4 \cdot Q_4,$$

$$Y_5 = X_1 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_7,$$

$$Y_6 = X_2 \cdot X_4 \cdot Q_2 \cdot Q_4 \cdot Q_6,$$

$$Y_7 = X_4 \cdot Q_4 \cdot Q_7,$$

$$Y_8 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_8,$$

$$Y_9 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_9,$$

$$Y_{10} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_8 \cdot Q_{10},$$

$$Y_{11} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_9 \cdot Q_{11},$$

$$Y_{12} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_8 \cdot Q_{10} \cdot Q_{12},$$

$$Y_{13} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_9 \cdot Q_{11} \cdot Q_{13}.$$

Постановка задачі

Формат матриці станів $F_{n,m} = S_n \setminus \Pi_m$

(n – кількість технічних станів S , m – кількість можливих перевірок Π .)

Несправним може бути будь-яка комбінація функціональних блоків

q $S_n = 2^q$, $F_{n,m} = 8192 \setminus 13$ Кількість перевірок (точок контролю) $\Pi_m = q$.

Несправним може бути будь-який, але тільки один блок, $F_{n,m} = 13 \setminus 13$

Несправний будь-який, але тільки один блок в структурі ЕБК, $F_{n,m} = 8 \setminus 8$

Локалізація до рівня апаратного елементу, $F_{n,m} = 6 \setminus 7$.

Перевірки вихідних параметрів СК (за ознаками); $F_{n,m} = 13 \setminus 2$

За структурними параметрами СК (на підставі ДП); $F_{n,m} = 13 \setminus 5$

Комбінований підхід. $F_{n,m} = 13 \setminus 7$

Пошук несправностей системи за вихідними ДП

Матриця ознак несправностей

П№	Стани S_i												
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}
П12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
П13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

Таблиця ознак несправностей

Ознаки несправностей	Несправний пристрій
Не спрацьовують обидва виконавчі пристрої	$Q1 \dots Q7$
Не спрацьовує тільки паливна форсунка	$Q8, Q10, Q12$
Не спрацьовує тільки регулятор холостого ходу	$Q9, Q11, Q13$

Таблиця симптомів несправностей

П№	Симптоми несправностей	Несправний блок
П12	Не спрацьовує паливна форсунка (неможливість пуску ДВЗ)	$Q1 \dots Q8, Q10, Q12$
П13	Не спрацьовує регулятор холостого ходу (нестійка робота ДВЗ на ХХ)	$Q1 \dots Q7, Q9, Q11, Q13$

Пошук несправностей системи за структурними та вихідними ДП

Матриця станів за структурними параметрами

Стани S_i	Перелік перевірок P_j				
	П1	П2	П3	П10	П11
S_1	0	1	1	0	0
S_2	1	0	1	0	0
S_3	1	1	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0
S_5, S_6, S_7	1	1	1	0	0
S_8, S_{10}	1	1	1	0	1
S_9, S_{11}	1	1	1	1	0
S_{12}, S_{13}	1	1	1	1	1

Матриця станів за структурними та вихідними параметрами

Стани S_i	Перелік перевірок P_j						
	П1	П2	П3	П10	П11	П12	П13
S_1	0	1	1	0	0	0	0
S_2	1	0	1	0	0	0	0
S_3	1	1	0	0	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0	0	0
S_5, S_6, S_7	1	1	1	0	0	0	0
S_8, S_{10}	1	1	1	0	1	0	1
S_9, S_{11}	1	1	1	1	0	1	0
S_{12}	1	1	1	1	1	0	1
S_{13}	1	1	1	1	1	1	0

Пошук несправностей системи за вихідними ДП на рівні апаратного елемента

Таблиця симптомів несправностей

П№	Симптоми несправностей	Несправний блок
П12	Не спрацьовує паливна форсунка (неможливість пуску ДВЗ)	$Q1...Q3, Q_{\text{ЕБК}}, Q12$
П13	Не спрацьовує регулятор холостого ходу (нестійка робота ДВЗ на ХХ)	$Q1...Q3, Q_{\text{ЕБК}}, Q13$

Таблиця ознак несправностей

Ознаки несправностей	Несправний пристрій
Не спрацьовують обидва виконавчі пристрої	$Q1...Q3, Q_{\text{ЕБК}}$
Не спрацьовує тільки паливна форсунка	$Q_{\text{ЕБК}}, Q12$
Не спрацьовує тільки регулятор холостого ходу	$Q_{\text{ЕБК}}, Q13$

Визначення діагностичних тестів

Таблиця несправностей за структурними ДП

Стани S_i	Перелік перевірок $П_j$									
	П1	П2	П3	П5	П7	П8	П9	П10	П11	П12
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
S_2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
S_3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_5	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
S_6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
S_7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S_8	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
S_9	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
S_{10}	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
S_{11}	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
S_{12}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
S_{13}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Аналіз таблиці покриттів перевірок:
метод скороченого перебору;
метод селекції функції ТП;
метод крізної одиниці.

Таблиця
несправностей
формат **13П/14S**



Таблиця покриттів
формат
13П/67SS



МДТ[**П1, П2, П3,**
П5, П7, П8, П9,
П10, П11, П12]



ТН (10П/11S)

2.3.3 Визначення пріоритетних перевірок

$$l_j = |n1_j - n0_j|$$

$$\sum P_i = \Delta_{\text{ІД}} + \Delta_{\text{ВП}} + \Delta_{\text{КА}} + \Delta_{\text{ЕБК}} = 100\%$$

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^m k_j}{m}$$

Вагові коефіцієнти периферійних пристроїв ЕБК

$$P_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i}$$

$$P_i = \frac{0,01\Delta}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{P_i}}$$

Принцип дії	$k_{Д1}$	Склад-ність	$k_{Д2}$	Вид сигналу	$k_{Д3}$	Конструкція	$k_{Д4}$				
								Вид пристрою	$k_{ВП1}$	Режим функціонування	$k_{ВП2}$
Потенціометричні	0,6	Безпосереднього перетворення Непрямого перетворення Мехатронного типу	1,0	Дискретний	1,0	Поворотні	0,9				
П'єзоелектричні	0,8							Аналоговий	0,8	Струнні	0,8
Індукційні	1,0							Імпульсний	0,9	Обертаючі	0,7
Індуктивні	0,9							Цифровий	0,7	Стационарні	1,0
Ємнісні	0,9							й	0,6	Кінцеві	0,6
Фотоелектричні	0,65							Двійковий		Мембранні	0,8
Тензоелектричні	0,7										
Електромагнітні	0,85										
Магнітоелектричні	0,92										
Термоелектричні	0,5										
Терморезистивні	0,84										
Термоанемометричні	0,4										
Контактні	0,5										
Ультразвукові	0,55										
Інфрачервоні	0,72										
Електрохімічні	0,3										
		Електроклапан	0,9	Разовий	0,9						
		Соленоїд	0,94	Випадковий	1,0	До 2,0	0,92	50	1,0		
		Електродвигун	0,8	Циклічний	0,8	2...5	0,96	80	0,98		
		Крок. двигун	0,78	Вібраційний	0,7	5...12	1,0	100	0,92		
		Апарати запалювання	0,72	й		12...60	0,9	120	0,8		
		Нагрівачі	0,7			60...120	0,84	150	0,7		
		Сигналізатори	1,0			120...200	0,7				
						Понад 200	0,6				

$$p_j = \left| \sum P1_j - \sum P0_j \right|$$

Вагові коефіцієнти комутаційної апаратури

Вид пристрою	$k_{КА1}$	Режим функціонування	$k_{КА2}$	Доп. струм, А	$k_{КА3}$	Навант., %	$k_{КА4}$
Реле	0,7			До 0,3	0,9	50	1,0
Перемикачі	0,8	Випадковий	1,0	0,3...3,0	1,0	75	0,9
Запобіжники	0,5	Циклічний	0,6	3...10,0	0,95	100	0,8
Рознімання	0,9	Вібраційний	0,4	10...50,0	0,8	120	0,6
Клеми	1,0			Понад 50	0,6	150	0,3

Вагові коефіцієнти функціональних блоків ЕБК

$$\Delta_{ЕБК} = \Delta_{ДР} + \Delta_{СУ} + \Delta_{ПН} + \Delta_{БЧ} + \Delta_{МП}$$

$$k_{КП.i} = k_{ПС.i} \exp -0,02n_{Д.i}$$

$$P_{БЧ} = \frac{n_{QB} \Delta_{ПБ} \Delta_{ЕБ}}{100n_Q}$$

$$P_{ПН} = \frac{n_{QP} \Delta_{ПБ} \Delta_{ЕБ}}{100n_Q}$$

$$p_j = \left| \sum P1_j - \sum P0_j \right|$$

Вид інформаційного сигналу	$k_{СУ1}$	Складність	$k_{СУ2}$	Живлення	$k_{СУ3}$
Дискретний*	0,7	Подільник	1,0	Активні	0,9
Аналоговий	0,8	Формувач	0,9	Пасивні	1,0
Імпульсний	0,9	Лічильник	0,8		
Цифрований	1,0	АЦП	0,7		

Вид пристрою	$k_{ДР1}$	Режим функціонування	$k_{ДР2}$	Вих. потужність, Вт	$k_{ДР3}$	Режим навант. %	$k_{ДР4}$
Ключі	1,0	Постійне		До 2,0	0,92		
Драйвери ключів	0,9	вмикання	0,9	2...5	0,96	50	1,0
ЦАП	0,7	Випадковий	1,0	5...12	1,0	100	0,98
Логічні схеми	0,8	Циклічний	0,8	12...60	0,9	120	0,8
Контролери	0,68	Вібраційний	0,7	60...120	0,84	150	0,7
				120...200	0,7		
				Понад 200	0,6		

Методи визначення ймовірностей відмов

$$Д\% + ЕБК\% + ВП\% = 100\%$$

$$ДР\% + СУ\% + ПН\% + БЧ\% + КП\% = ЕБК\%$$

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^m k_j}{m}$$

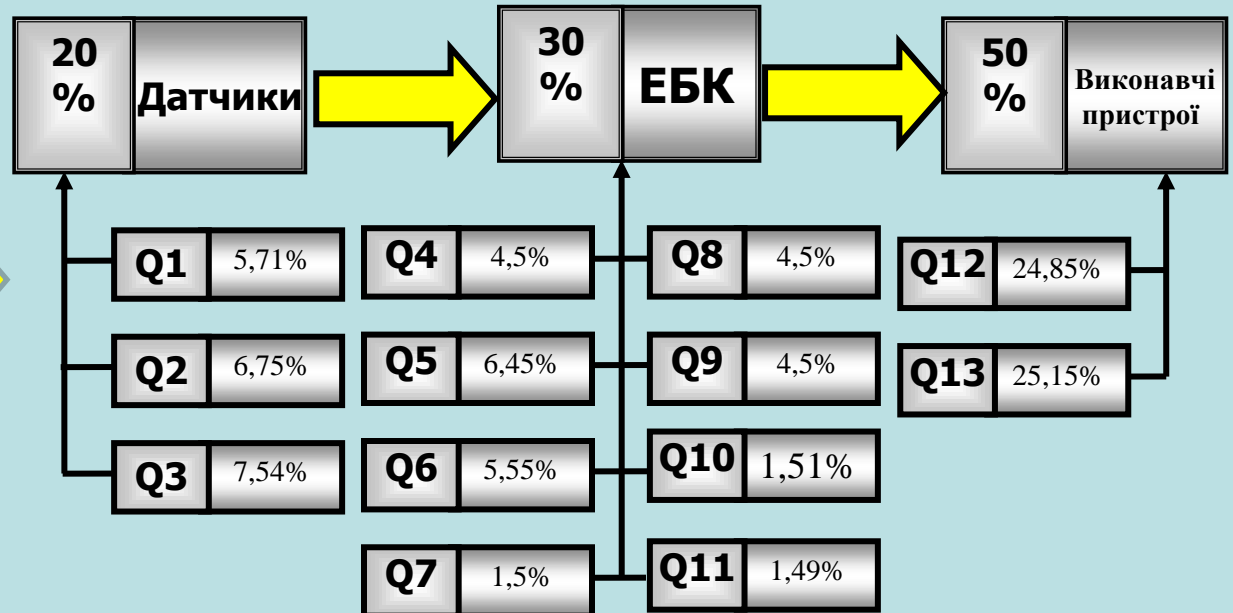
$$\Pi_i = \frac{k_i}{\sum_{j=1}^n k_j}$$

$$P_i = \frac{\frac{1}{\Pi_i} \Delta}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\Pi_j}}$$

$$k_{КП.i} = \exp -0,02n_{Д.i}$$

$$P_{ПН} = \frac{n_{QП} \Delta_{ПБ} \Delta_{ЕБ}}{100n_Q}$$

$$P_{БЧ} = \frac{n_{QБ} \Delta_{ПБ} \Delta_{ЕБ}}{100n_Q}$$



Вартісні показники

$$C_{3B} = \sum_{j=1}^m C_{\Pi.j} = \sum_{j=1}^m C_{3\Pi.j} + C_{AB.j} + C_{BM.j} + C_{EH.j}$$

$$C_{3\Pi.j} = t_{\Pi.j} S_{\text{год}} k_{\text{доп}} = S_{\text{год}} k_{\text{доп}} \left(\frac{t_{3M}}{m} + t_{\text{ПО}.j} + t_{\text{АС}.j} + t_{\text{ВП}.j} \right)$$

$$C_{AB.j} = \frac{A_{AB} S_{\text{ДП}.j}}{100 N_{\text{роб}}}$$

Загальні монтажні операції (t_{3M})
Підготовчі операції ($t_{\text{ПО}}$)
Активізація системи ($t_{\text{АС}}$)
Вимірювання ДП ($t_{\text{ВП}}$)

$$C_{BM.j} = \Pi_{BM.j} \cdot V_{BM.j} = \Pi_{BM.j} q_{100} t_{\text{роб}} k_{60} k_{\text{реж}}$$

$$k_{\text{реж}} = \frac{0,2t_{\text{ХХ}} + 0,8t_{\text{ПР}} + 1,0t_{\text{ПН}}}{3}$$

$$C_{EH.j} = \Pi_{EH} \cdot W_{EH.j} = \Pi_{EH} \sum_{i=1}^n P_{C.i} t_{C.i}$$

$$C_{EH.j} = \Pi_{EH} P_{\text{Л}} n_{\text{Л}} \cdot \frac{t_{\Pi.j}}{\sum_{j=1}^m t_{\Pi.j}}$$

$$C_{3B.j} = C_{3\Pi.j} + C_{AB.j} + C_{BM.j} + C_{EH.j}$$

Визначення вартостей перевірок

Операції перевірок

Загальні монтажні операції:

підключення та відключення конектору.

Підготовчі операції: підкл. та налаштування мультиметру; вмикання живлення; комутація електричних кіл; перекриття магістралей; роз'єднання механічних зв'язків.

Активізація датчиків: примусове провертання КВ, коліс; вмикання живлення; запуск двигуна стартером, встановлення потрібного режиму роботи ДВЗ.

Вимірювання ДП: спостереження та реєстрація показань мультиметра і КВП; аналіз значень ДП; постановка діагнозу.



$$C_{ЕН,j} = S_{ЕН} P_{Л} n_{Л} t_{П,j} + P_{К} t_{К,j} k_{Н}$$



$$C_{ДП,j} = \frac{A_{ДП,j} S_{ДП,j}}{100 N_{РОБ} n_A}$$

$$C_{ЗП,j} = t_{П,j} S_{ГОД}$$



$$C_{П,j} = Ц_{П} V_{П,j}$$



$$C_j = C_{ЗП,j} + C_{ЕН,j} + C_{ДП,j} + C_{П,j}$$



$$C_{ЗМ} = \frac{t_{ЗМ} S_{ГОД}}{60}$$

Статті витрат	Перелік перевірок П _j							
	П1	П2	П7	П27	П28	П29	П30	П31
Заробітна платня, грн.	8,95	10,37	12,15	5,43	4,2	4,2	7,9	7,9
Витрати ел.енергії, Втг	544	644	289	129	100	100	188	188
Витрати на ел.енергію, грн.	0,38	0,45	0,2	0,09	0,07	0,07	0,13	0,13
Амортизаційні відрахування	1,4	1,4	0,72	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Вартість перевірок, грн.	10,7	12,2	13,0	5,7	4,5	4,5	8,3	8,3

Визначення пріоритетів перевірок

Таблиця несправностей в обсязі МДТ

Стан S_i	Перелік перевірок за сигналами C_j							$P_{д.}$ %
	C2	C4	C12	C17	C18	C22	C23	
S2	0	1	1	0	1	1	1	7,58
S3	1	1	1	0	0	0	1	7,04
S4	1	0	1	1	1	1	1	8,08
S5	1	1	1	1	1	1	1	9,09
S6	1	1	1	1	1	0	0	8,86
S7	1	1	1	1	1	0	1	7,54
S8	1	1	1	1	0	0	0	9,47
S9	1	1	1	1	1	1	0	9,09
S10	1	1	1	0	1	1	1	8,86
S11	1	1	1	0	0	0	0	8,32
S12	1	1	0	1	1	1	1	7,50
Пріоритет C_j	2	1	2	3	3	4	4	
Показник p_j	84,84	83,84	85,0	36,48	50,34	17,54	28,52	100
Показник l_j	10	10	10	7	8	6	7	

Функції переваги

$$F_B = \frac{1}{C_j}$$

$$F_I = \frac{1}{l_j}$$

$$F_P = \frac{1}{p_j}$$

$$F_{PC} = \frac{1}{p_j C_j}$$

$$F_{PCL} = \frac{1}{p_j C_j l_j}$$

Показники пріоритетів

$$l_j = |n1_j - n0_j|$$

$$p_j = \left| \sum P1_j - \sum P0_j \right|$$

Пріоритет критерію	Критерій оптимізації	Перелік перевірок C_j						
		C2	C4	C12	C17	C18	C22	C23
Перший	За вартістю	2	1	2	3	3	4	4
Другий	За ймовірністю	6	5	7	3	4	1	2
Третій	За інформативністю	4	4	4	2	3	1	2
Загальний пріоритет		2	1	3	4	5	6	7

2.3.4. Побудування алгоритмів діагностування та оцінка ефективності їх впровадження

Функція переваги – функція, яка кількісно характеризує певну якість алгоритму, що дозволяє проводити вибір елементарних перевірок на кожному кроці процедури діагностування за своїм екстремальним значенням.

$$F_B = \frac{1}{C_j}$$

$$F_P = \frac{1}{p_j}$$

$$F_I = \frac{1}{l_j}$$

$$F_{B.P.I} = \frac{1}{C_j \cdot p_j \cdot l_j}$$

1. З множини перевірок ДТ назначається перевірка переважна за обраним критерієм.
2. Множина технічних станів розбивається на дві підмножини з «1» та «0».

Умовна ціна алгоритму діагностування (вартість постановки діагнозу)

$$Ц_{AD} = \sum_{i=1}^n C_{S.i} P_i$$

$$Ц_{AD.C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{S.i}$$

$$Ц_{AD.P} = C_{\Pi} \sum_{i=1}^n P_i$$

$$Ц_{AD.j} = \frac{C_{\Pi}}{n} \sum_{i=1}^n j_i$$

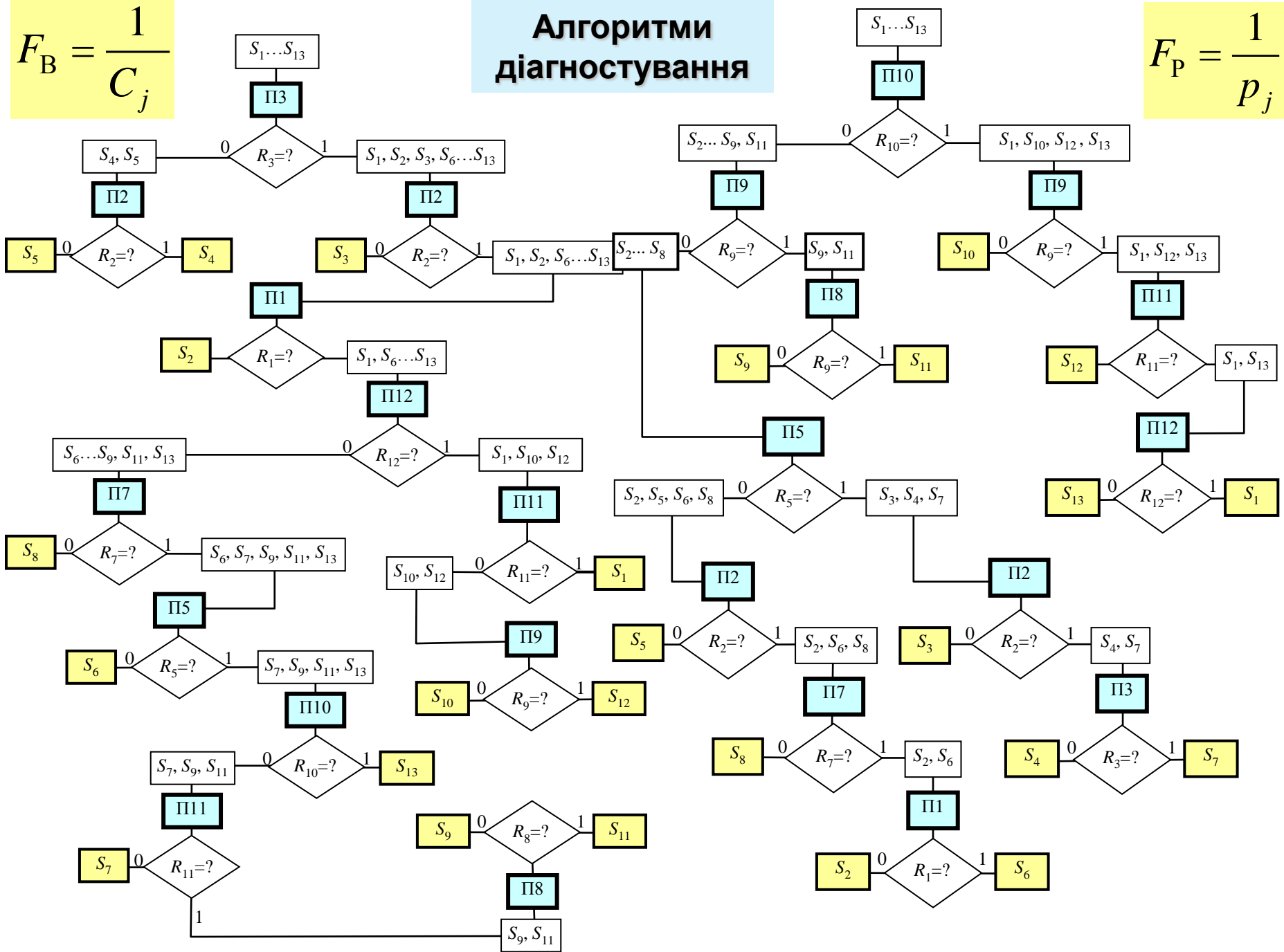
Вартість відокремлення стану $C_{S.i}$

$$C_{S.i} = \sum_j C_j$$

$$F_B = \frac{1}{C_j}$$

Алгоритми діагностування

$$F_P = \frac{1}{p_j}$$



Оцінка ефективності впровадження ДТ і АД

Загальна кількість
перевірок

Тривалість
постановки діагнозу

Сумарна вартість
перевірок

Економічний ефект від обмеження
кількості перевірок до обсягу ДТ

Економічний ефект від використання
алгоритму діагностування

$$E_{\text{рік.ДТ}} = 0,5 N_{\text{роб}} N_A \left(\sum_{j=1}^m C_j - \sum_{j=1}^{m_{\text{ДТ}}} C_j \right)$$

$$E_{\text{рік.АД}} = N_{\text{роб}} N_A \left(0,5 \sum_{j=1}^{m_{\text{ДТ}}} C_j - \text{Ц}_{\text{АД}} \right)$$

$$E_{\text{рік}} = E_{\text{рік.ДТ}} + E_{\text{рік.АД}} = N_{\text{роб}} N_A \left(0,5 \sum_{j=1}^m C_j - \text{Ц}_{\text{АД}} \right)$$

Відносний показник
економічної ефективності

Прибуток та ефект

$$\Pi_{\text{РІК}} = 0,5 N_{\text{РОБ}} \frac{T_{\text{П1}}}{T_{\text{П2}}} C_{\text{ЗВ}} - \text{Ц}_{\text{АД}}$$

$$E_{\text{РІК}} = \Pi_{\text{РІК}} - \frac{\%B_B}{N_E}$$

$$\Pi_E = 100\% \left(1 - \frac{\text{Ц}_{\text{АД}}}{0,5 \sum_{j=1}^m C_j} \right)$$