

**Підвищення ефективності роботи товариства з  
обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто  
Вінниця» удосконаленням функціонування зони  
діагностики**

магістерська кваліфікаційна робота  
зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт»  
08-29.МКР.007.00.000 ПЗ

Керівник роботи  
к.т.н., доц. Ю.Ю. Кукурудзяк

Розробив студент гр. 1АТ-17м  
В.О. Грицан

**Мета роботи** – Удосконалення методики організації робіт зони діагностики автомобілів станції технічного обслуговування

**Основні задачі роботи:**

- визначити основні параметри функціонування зони діагностики станції технічного обслуговування та проаналізувати фактори, що на них впливають.
- вибрати і обґрунтувати діагностичні параметри, які мають високу інформативність, прості в реалізації вимірювань. Проаналізовані фактори, що на них впливають;
- розробити математичну модель зчитування вхідних даних, алгоритм розподілу періодичних діагностичних сигналів на окремі реалізації за циліндрами двигуна та їх усереднення при постійній і змінній частоті обертання колінчатого валу;
- розробити математичну модель та алгоритм автоматизованого визначення несправностей різних систем двигуна методом порівняння параметрів досліджуваного та еталонного сигналів;
- розробити алгоритм створення і поповнення інформаційної бази даних параметрів, які характеризують одиничні типові несправності різних систем двигуна або їх комбінації.

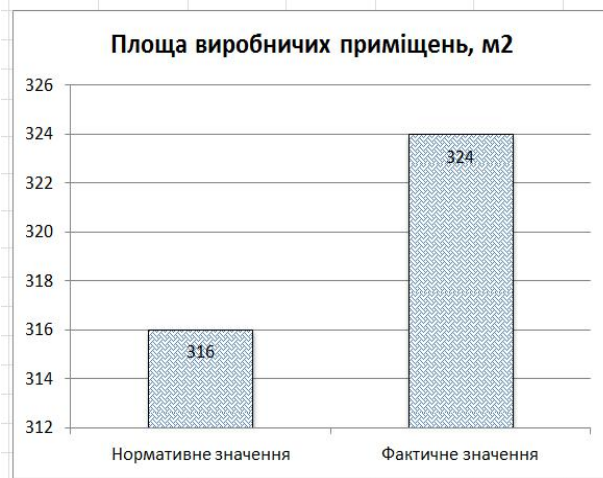
**Об'єкт дослідження** – процес організації робіт в зоні діагностики на СТО. Процес діагностування технічного стану системи керування бензиновим автомобільним двигуном

**Предмет дослідження** – методи і алгоритми визначення параметрів функціонування зони діагностики на станції технічного обслуговування автомобілів

## Наукова новизна отриманих результатів

1. Удосконалено метод діагностування системи керування бензиновим двигуном шляхом використання діагностичної інформації, яка міститься в спектральних характеристиках діагностичних сигналів.
2. Одержав подальший розвиток процес автоматизації постановки діагнозу шляхом застосування математичної моделі, яка дозволяє в автоматизованому режимі порівнювати характеристики зчитаних сигналів з інформацією, що міститься в базі даних.

# Техніко-економічні показники ВТБ СТО



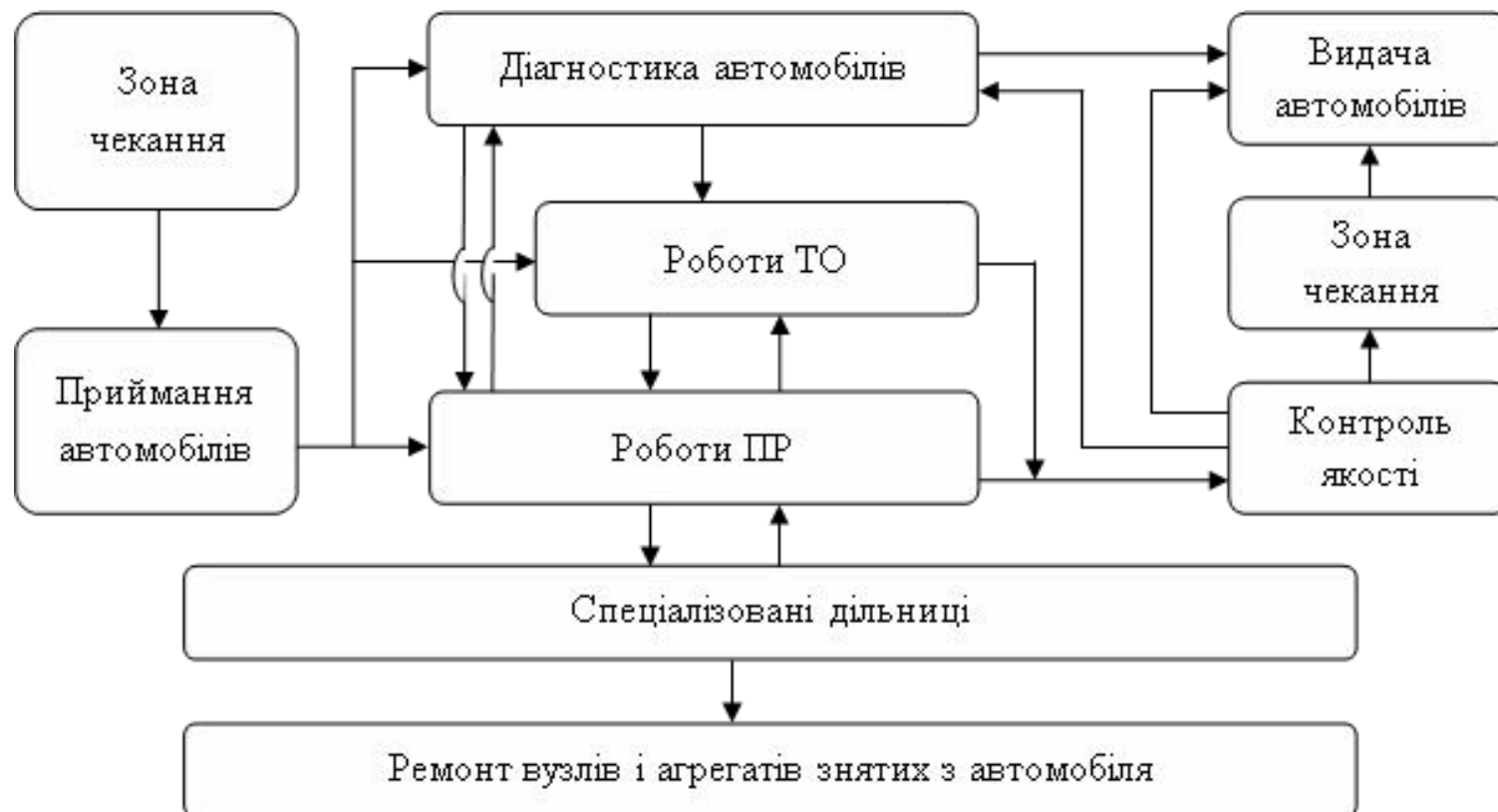
## Вихідні дані технологічного розрахунку СТО

Параметр	Ум. позн.	Од. вим.	Значення
Існуюча кількість постів	$X_{п-існ}^{СТО}$	од.	9
Кількість заїздів для виконання ТО і ПР на СТО за рік	$N_{ТО і ПР}^P$	заїздів	3420
Частота заїздів одного автомобіля для виконання ТО і ПР	$n_{ТО і ПР}^P$	заїздів в рік	2
Частота заїздів одного автомобіля для виконання антикорозійної обробки	$n_{а-к}^P$	заїздів в рік	1
Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО:	$A_{авт}$	авт.	1710
в тому числі:			
- автомобілів I групи:	$A_{авт}^I$	авт.(%)	376
- автомобілів II групи:	$A_{авт}^{II}$	авт.(%)	718
- автомобілів III групи:	$A_{авт}^{III}$	авт.(%)	616
Середньорічний пробіг автомобілів	$L_{с-р}$	км	12500
Спосіб миття автомобілів	-	-	Ручний
Кліматичний район	ПКЗ	-	Помірно-теплий
Режим роботи сто			
Кількість робочих днів СТО	$D_p$	дні	305
Тривалість зміни	$\tau_{зм}$	год.	7
Кількість робочих змін	ТО і ПР	с	1
	миття і прибирання	с	1
	приймання і видачі	с	1
	передпродажна підготовка	с	1
	антикорозійного захисту	с	1

## Результати технологічного розрахунку СТО

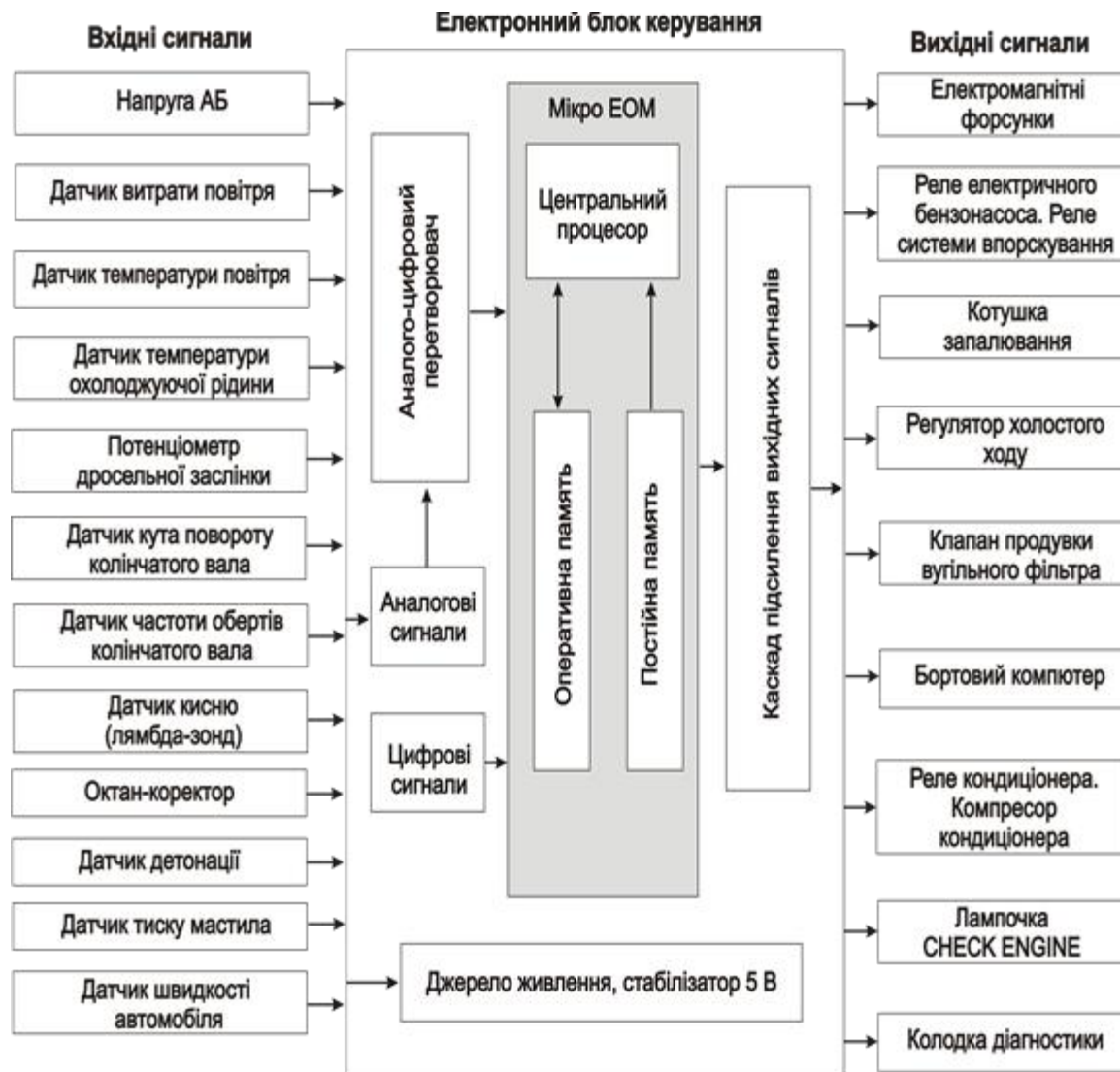
Вид робіт	Розподіл за видами робіт, люд.-год		Розподіл за місцем виконання									
			Постові роботи					Дільничні роботи				
			Трудовісткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.		К-сть постів	Трудовісткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.		
	%	$T_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	$P_a$	$P_{ш}$	$X_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	$P_a$	$P_{ш}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Роботи ТО і ПР автомобілів:												
контрольно-діагностичні	4	1738,47	100	1738,47	0,84	0,93	0,49	–	–	–	–	
технічне обслуговування	15	6519,27	100	6519,27	3,16	3,48	1,85	–	–	–	–	
мастильні	3	1303,85	100	1303,85	0,63	0,70	0,37	–	–	–	–	
регулювання кутів керованих коліс	4	1738,47	100	1738,47	0,84	0,93	0,49	–	–	–	–	
ремонт і регулювання гальм	3	1303,85	100	1303,85	0,63	0,70	0,37	–	–	–	–	
електротехнічні	4	1738,47	80	1390,78	0,67	0,74	0,39	20	347,69	0,17	0,19	
роботи за системою живлення	4	1738,47	70	1216,93	0,59	0,67	0,34	30	521,54	0,25	0,29	
аккумуляторні	2	869,24	10	86,92	0,04	0,05	0,02	90	782,31	0,38	0,43	
шинні	2	869,24	30	260,77	0,13	0,14	0,07	70	608,47	0,29	0,33	
ремонт вузлів, систем і агрегатів	8	3476,94	50	1738,47	0,84	0,93	0,49	50	1738,47	0,84	0,93	
кузовні й арматурні	25	10865,4	75	8149,09	3,95	4,47	3,08	25	2716,36	1,32	1,49	
фарбувальні	16	6953,89	100	6953,89	3,37	3,81	2,63					
оббивні	3	1303,85	50	651,93	0,32	0,35	0,25	50	651,93	0,32	0,35	
слюсарно-механічні	7	3042,33						100	3042,33	1,47	1,62	
Разом робіт ТО і ПР	100	43461,7	76	33052,6	16,0	17,8	10,8	23	10409,1	5,05	5,62	
Прибирання і миття автомобілів			100	708,00	0,34	0,37	0,20					
Приймання і видачі автомобілів			100	1062,00	0,51	0,57	0,60					
Передпродажної підготовки			100	840,00	0,41	0,45	0,40					
Антикорозійної обробки автомобілів			100	5130,00	2,49	2,74	2,42					
Всього робіт СТО				42562,6	20,6	22,9	14,9		10409,1	5,05	5,62	

## Схема технологічного процесу ТО і ПР автомобілів на СТО



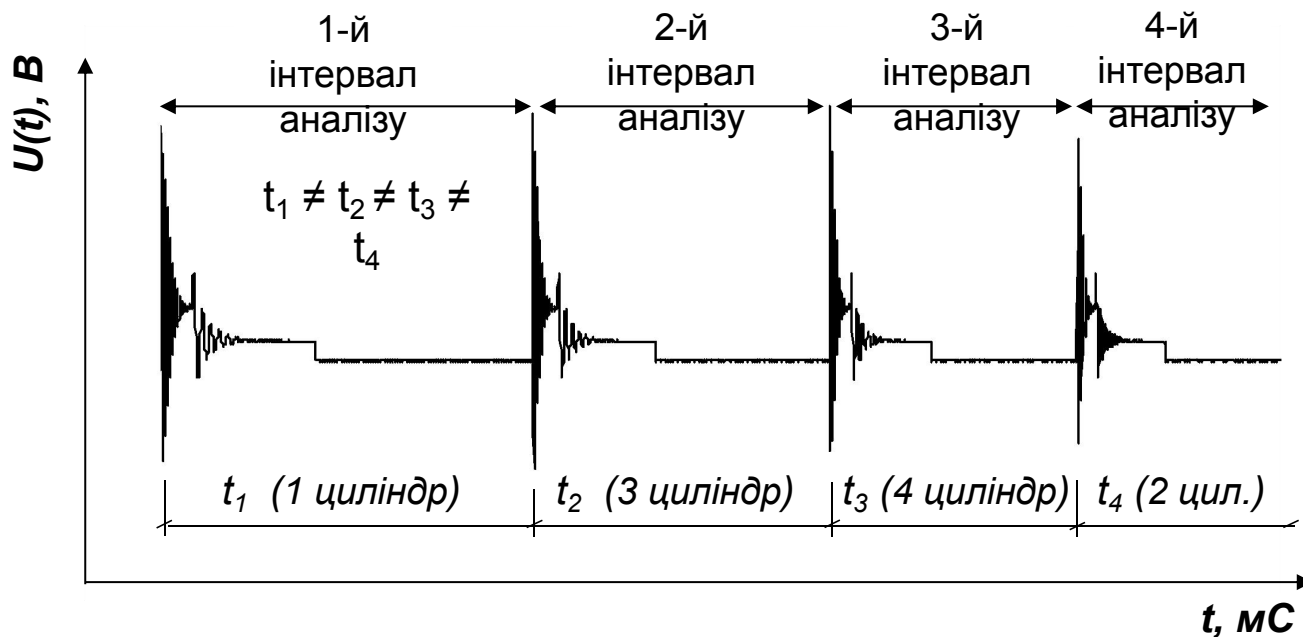


# Схема системи керування автомобільним двигуном









$$\Delta = \left| t_z^m - t_{z-1}^m \right|$$

$$\Delta \leq \Delta_\delta$$

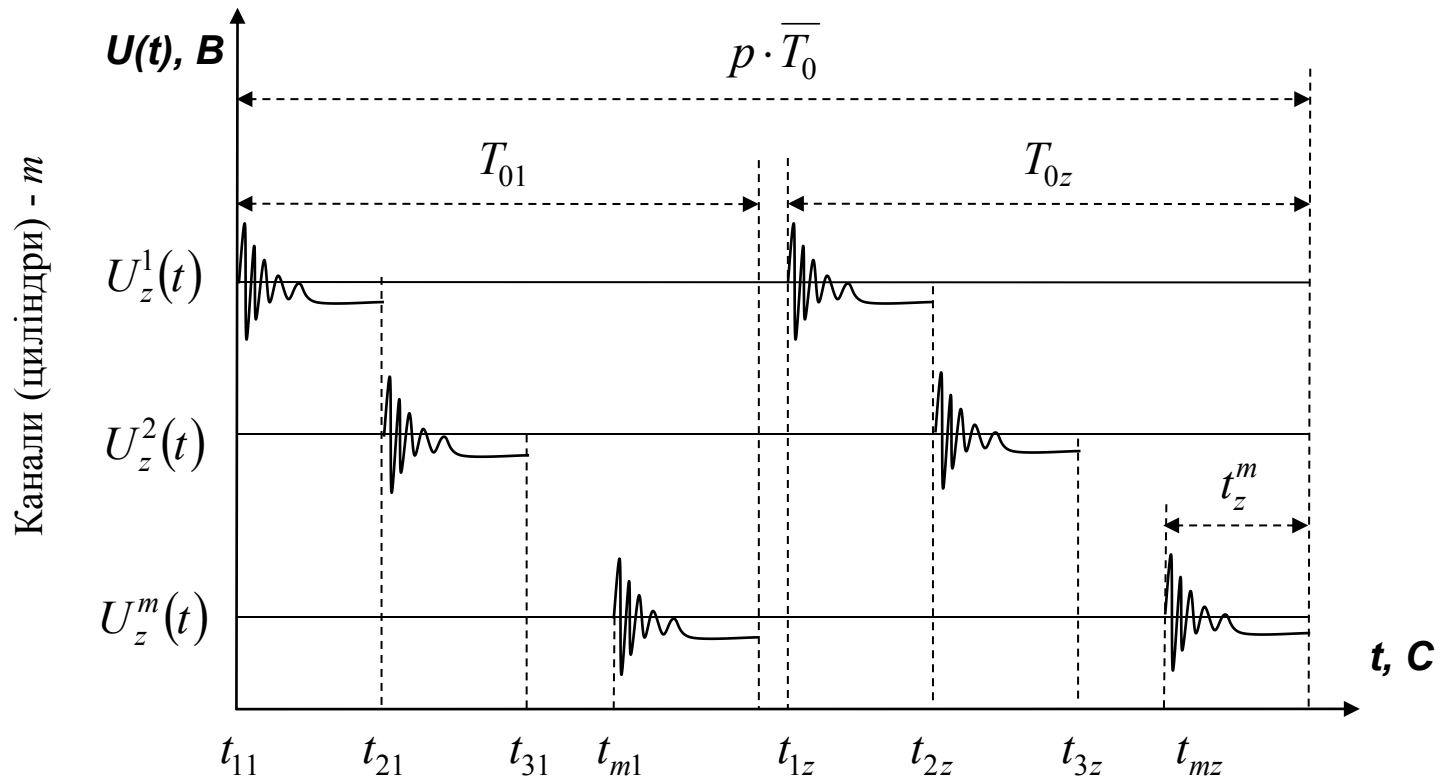
$m$  – номер циліндра

$$\varepsilon = \left| 100 \cdot \left( 1 - \frac{t_z^m}{t_{z-1}^m} \right) \right|$$

$$\varepsilon \leq \varepsilon_\delta$$

$z$  – номер реалізації у циліндрі

**Фрагмент діагностичного сигналу та умови його стаціонарності**



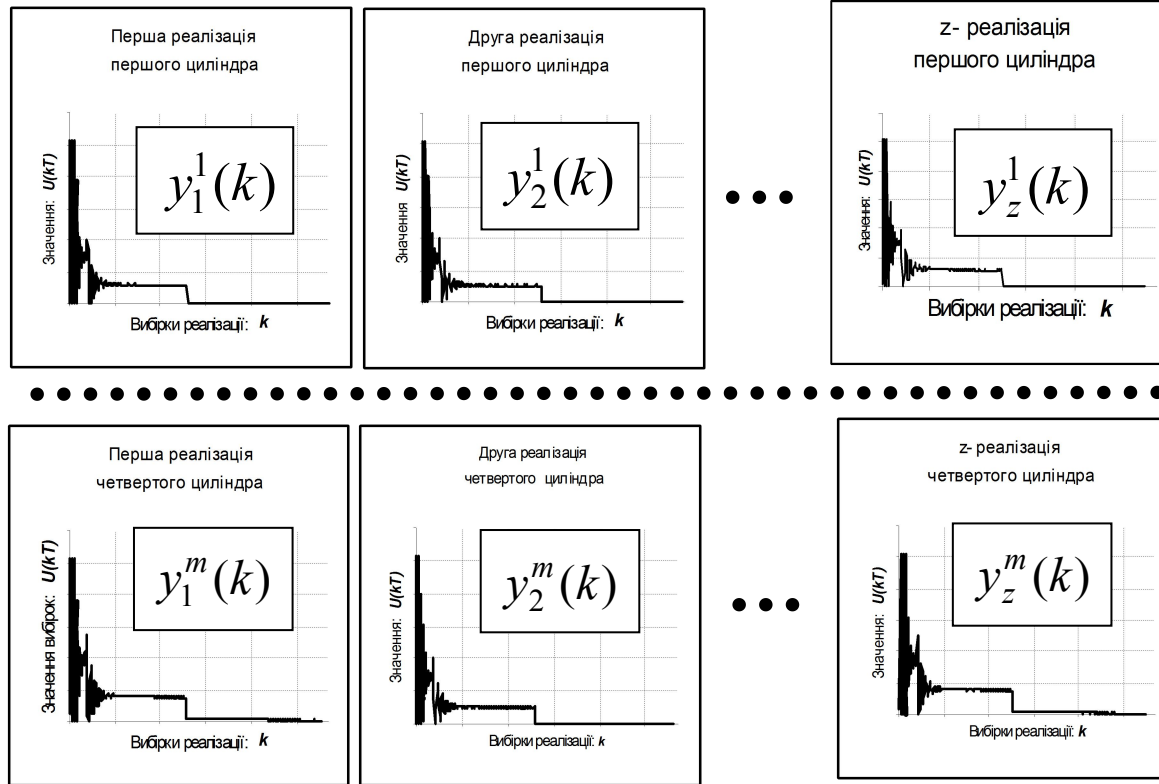
Часова діаграма розподілу діагностичного сигналу на окремі реалізації

При постійній частоті обертів колінчатого вала:

$$U(t) = \begin{cases} U_z^1(t), \bar{T}_0 \cdot (z-1) \leq t < \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \bar{t}_0^1 \\ U_z^2(t), \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \bar{t}_0^1 \leq t < \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \bar{t}_0^1 + \bar{t}_0^2 \\ \dots \\ U_z^m(t), \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \sum_{j=1}^{m-1} \bar{t}_0^j \leq t < \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \sum_{j=1}^m \bar{t}_0^j \end{cases}$$

При змінній частоті обертів:

$$U(t) = \begin{cases} U_z^1(t), \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 \\ U_z^2(t), \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 + t_z^2 \\ \dots \\ U_z^m(t), \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + \sum_{j=1}^{m-1} t_z^j \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + \sum_{j=1}^m t_z^j \end{cases}$$



$$y(k) = \begin{pmatrix} y_1^1(k) & y_2^1(k) & \dots & y_z^1(k) \\ y_1^2(k) & y_2^2(k) & \dots & y_z^2(k) \\ y_1^m(k) & y_2^m(k) & \dots & y_z^m(k) \end{pmatrix}$$

Усереднення :

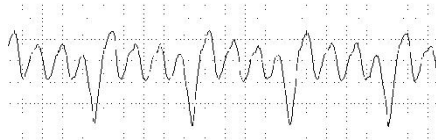
$$\overline{y^m(k)} = \frac{1}{z} \sum_{i=0}^{z-1} y_i^m(k)$$

**Розподіл діагностичного сигналу на окремі реалізації**

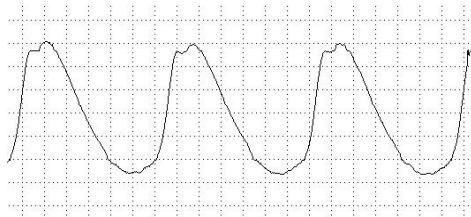
## Група 1 Осцилограми без високочастотних складових

Розглядаються осцилограми сигналів у часовій області

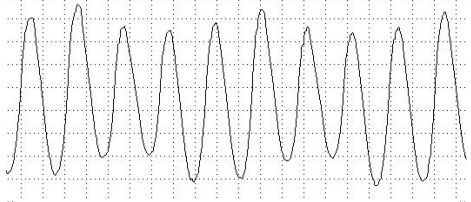
Ефективність роботи циліндрів за тиском відпрацьованих газів



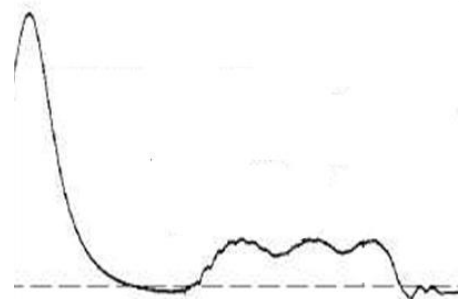
Невірно встановлений пас приводу ГРМ за розрідженням у впускному колекторі



Пошкоджені гідрокомпенсатори клапанів



Підвищений опір виходу відпрацьованих газів за тиском у циліндрах

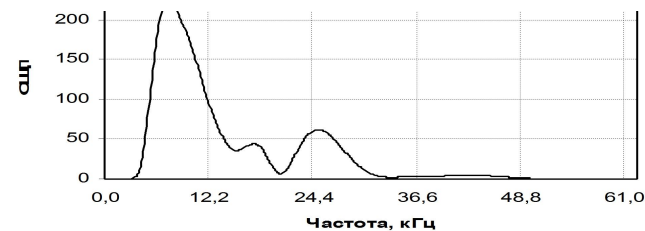


## Група 2 Осцилограми з високочастотними складовими

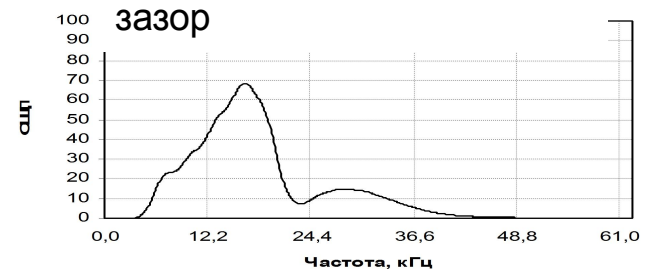
Розглядаються спектральні характеристики у частотній області

$$W(f) = \frac{1}{f_0} \cdot \frac{\left| \sum_{k=0}^{N-1} y(k) \cdot v(k) \cdot e^{-j2\pi f k T_0} \right|^2}{\sum_{k=0}^{N-1} |v(k)|^2}$$

Обрив ПВН системи запалювання



Збільшений іскровий зазор



Математична модель  
технічного стану  
системи:

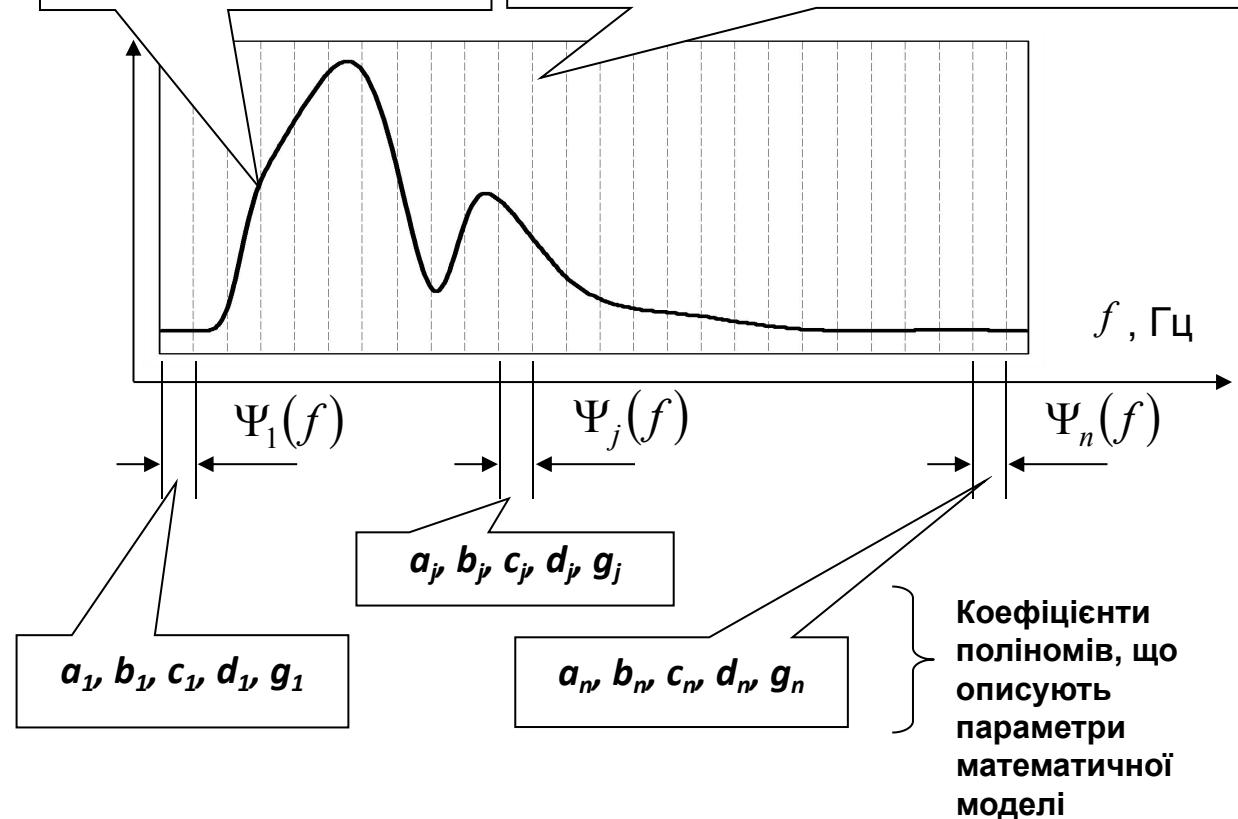
$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}$$

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) \\ \Psi_2(f) \\ \dots \\ \Psi_n(f) \end{pmatrix}$$

Осцилограма в часовій  
області або СЦП  
характеризує технічний  
стан системи двигуна

Діапазони (часовий або частотний)  
Описуються поліномом:

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j$$



**Взаємозв'язок параметрів математичної моделі з діапазонами частот СЦП**

Характеристика одного окремого часового діапазону сигналу або діапазону частот

СЦП:

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j$$

Характеристика всіх діапазонів і зв'язок з параметром математичної моделі:

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) = a_1 \cdot f^4 + b_1 \cdot f^3 + c_1 \cdot f^2 + d_1 \cdot f + g_1 \\ \Psi_2(f) = a_2 \cdot f^4 + b_2 \cdot f^3 + c_2 \cdot f^2 + d_2 \cdot f + g_2 \\ \dots \\ \Psi_n(f) = a_n \cdot f^4 + b_n \cdot f^3 + c_n \cdot f^2 + d_n \cdot f + g_n \end{pmatrix}$$

$$X_i = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}$$

Визначення параметрів математичної моделі



## Моделювання типових несправностей системи двигуна

Зчитування  
діагностичних сигналів

Визначення спектральної щільності  
потужності (СЩП) для високочастотних  
сигналів

Розподіл графіка на  $n$  окремих діапазонів (часових або  
частотних)  
 $\Psi_j(f)$   $j \in [1..n]$

Характеристика окремих діапазонів. Інтерполяція кожного діапазону частот і представлення його у вигляді полінома четвертого порядку:

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j$$

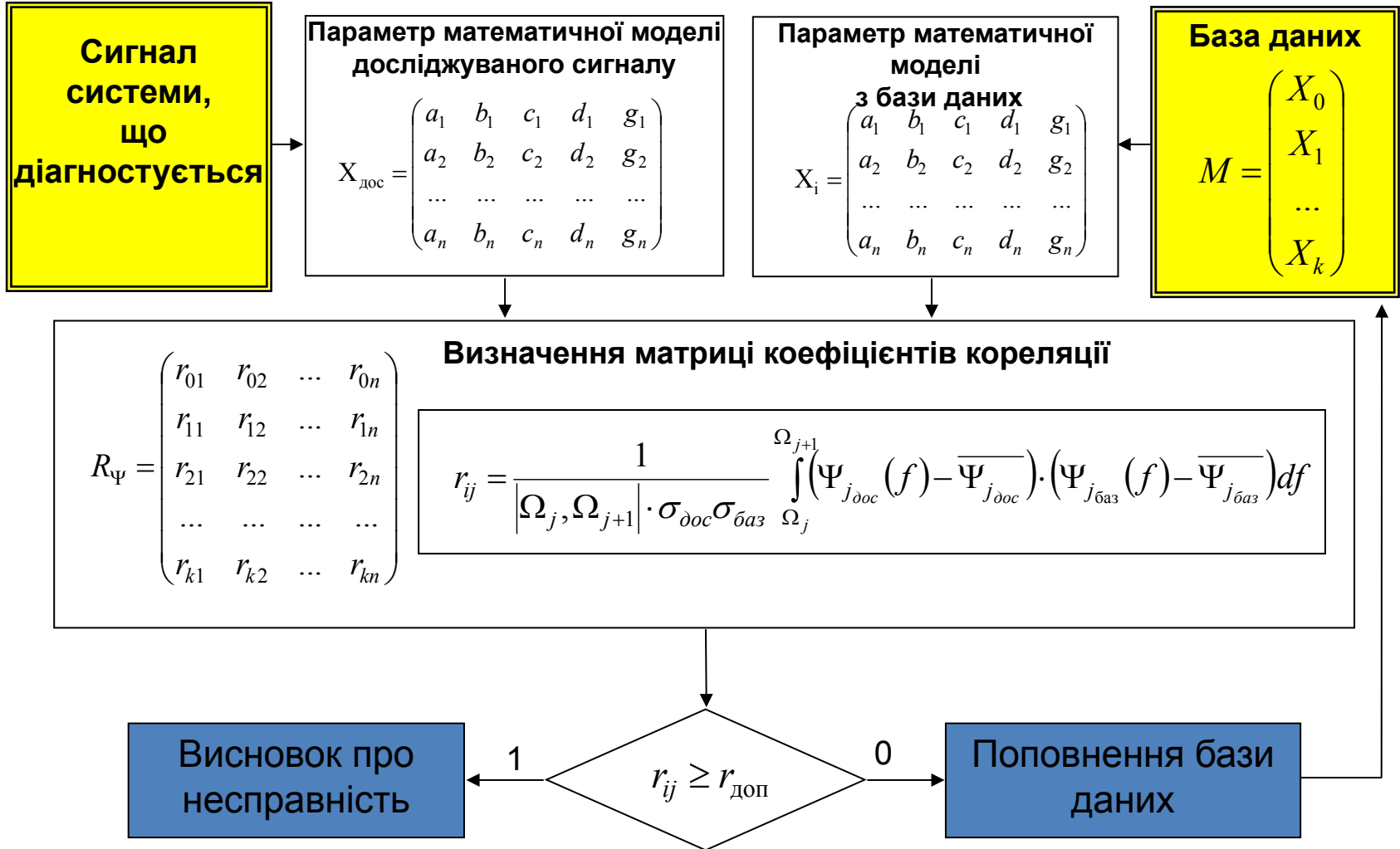
Встановлення залежностей між характеристиками окремих діапазонів частот СЩП і параметрами математичної моделі

$$X_i = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}$$

Описання математичної моделі через її параметри, що характеризують технічний стан окремої системи двигуна

$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}$$

Створення інформаційної бази даних параметрів математичної моделі



**Блок-схема автоматизованого пошуку несправностей окремої системи двигуна**