

УДК 631.1.004

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СПОЛУЧЕНЬ ДЕФЕКТІВ АГРЕГАТИВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА НА ОСНОВІ ШНМ

Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: irogovskii@ukr.net.

Історія статті: отримано – травень 2018, акцентовано – вересень 2018.

Бібл. 12, рис. 13, табл. 8.

Анотація. В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів. Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного контролю.

Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, де потрібна висока надійність і працездатність, низький рівень викидів, крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності ТО зернозбиральних комбайнів.

Ключові слова: аналіз, система, стратегія, технічне обслуговування, зернозбиральний комбайн.

Постановка проблеми

В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів [1].

Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного технічного контролю [2].

Аналіз останніх досліджень

Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів [3]. По мірі ускладнення технічних систем зернозбиральних комбайнів і зростання вимог до безпеки, надійності та

екологічності, технічний контроль несправностей стає все більш значущою процедурою [4]. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів [5], де потрібна висока надійність [6] і працездатність [7], низький рівень викидів [8], крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів [9].

Процес переходу від планово-попереджувальної системи до адаптивної [10] відбувається на тлі загальної тенденції до укрупнення раніше роздроблених аграрних підприємств. Даний процес [11], спирається на принципи концентрації, спеціалізації і кооперації виробництва, що є ефективним стимулятором росту промисловості будь-якої розвинутої суспільно-політичної системи.

Мета досліджень

Мета досліджень – узагальнити положення рішення завдання розпізнавання сполучень дефектів агрегатів зернозбирального комбайна на основі ШНМ в процесах технічного обслуговування самих комбайнів.

Результати досліджень

Важливим етапом експериментальних досліджень при використанні математичного апарату штучної нейронної мережі, є визначення обсягу навчальної вибірки для якісного навчання ШНМ. Недостатня кількість або протиріччя даних в навчальному наборі відібрається в великій кількості помилок при класифікації дефектів і розподілу агрегатів по КРР на етапі тестування.

На даний момент не існує узагальненого способу визначення необхідного числа прикладів для якісного навчання ШНМ, тому дана задача досі не має однозначного вирішення.

Виходячи з гіпотези, що для навчання адекватної моделі математичного апарату ШНМ досить кількості навчальних прикладів P , що дорівнює добутку числа нейронів вхідного і вихідного шарів отримуємо:

$$P = N_x \cdot N_y \quad (1)$$

де N_x – число нейронів вхідного шару; N_y – число нейронів вихідного шару.

На етапі експериментальних досліджень, побудова моделей штучних нейронних мереж здійснювалося в програмному забезпеченні Deductor Studio Academic 5.2. Вибір даного програмного продукту обумовлений тим, що він є одним з лідерів на ринку аналітичних платформ, який реалізує більшість сучасних підходів до аналізу та обробці даних.

Для побудови нейронної мережі використовувалися теоретичні розробки [5, 9, 12].

Рішення даного завдання буде виконуватися відповідно до розробленого алгоритму, блок-схема якого приведена на рис. 2.6, в рамках загальної методики дослідження.

Кожен контрольований параметр буде окремим нейроном у вхідному шарі ШНМ, а кожен можливий дефект певного вузла двигуна буде окремим нейроном у вихідному шарі ШНМ. Сукупність сигналів нейронів вихідного шару буде утворювати певне поєднання дефектів.

У рішеннях показано взаємозв'язки контрольованих параметрів основних вузлів двигунів зернозбиральних комбайнів, які брали участь в експериментальних дослідженнях, і виявляються за їх допомогою дефекти. Для підвищення якості навчання і точності розпізнавання, дефекти, що розпізнаються були згруповані по загальним діагностичним ознаками (параметрами). Результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати угруповання виявлених дефектів

Позначення	Найменування
1. Дефект циліндро-поршневої групи (ЦПГ)	
S ₁	Дефект канавки поршня під компресійне
S ₂	Дефект компресійного кільця
S ₃	Дефект спідниці поршня
S ₄	Дефект гільзи циліндра
2. Дефект кривошипно-шатунного механізму (КШМ)	
S ₅	Дефект шатунних шийок колінчастого вала
S ₆	Дефект корінних шийок колінчастого вала
S ₇	Дефект задньої корінної шийки
S ₈	Дефект верхньої головки шатуна
3. Дефект газорозподільного механізму (ГРМ)	
S ₉	Дефект стрижня клапана
S ₁₀	Дефект кулачків розподільного вала
S ₁₁	Дефект розподільних шестерень
S ₁₂	Дефект сидла клапана
S ₁₃	Дефект направляючих втулок стрижня
S ₁₄	Дефект опор розподільного вала

Розподіл прикладів між наборами даних для навчання і тестування ШНМ для основних ресурсних груп двигуна представлено на рис. 1.

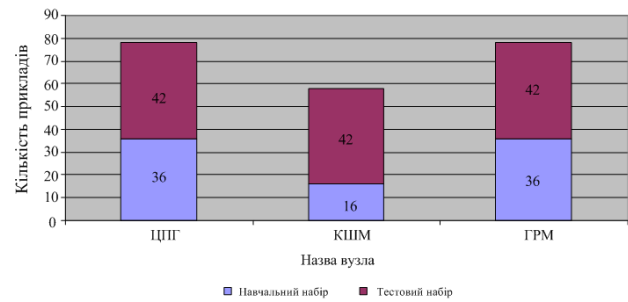


Рис. 1. Розподіл прикладів між навчальним і тестовим наборами.

Навчальні набори даних (РЦПГ, РКШМ, РГРМ) формувалися шляхом випадкових комбінацій базових наборів навчальних прикладів, які були складені на основі ССМ взаємозв'язку контрольованих параметрів.

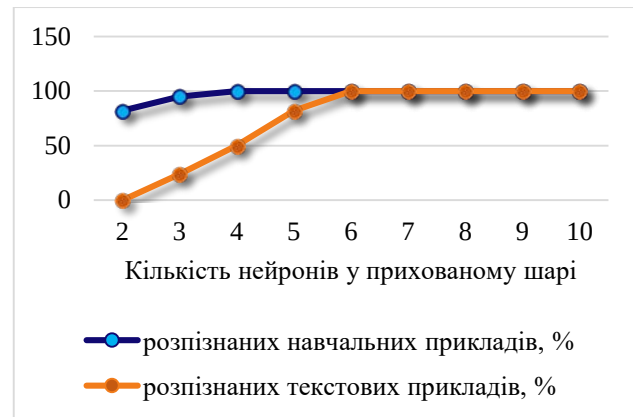


Рис. 2. Графік збіжності розпізнаних дефектів ЦПГ при навчанні і тестуванні ШНМ.



Рис. 3. Графік збіжності значень максимальної помилки розпізнавання дефектів ЦПГ при навчанні і тестуванні ШНМ.

Таблиця 2. Значення помилок при розпізнаванні поєднань дефектів ЦПГ в залежності від кількості нейронів в прихованому шарі.

L	Розпізнавання навчальних прикладів, %	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів, %	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	82	0,016	0	0,178
3	95	0,006	24	0,069
4	100	0,000	50	0,054
5	100	0,000	82	0,033
6	100	0,000	100	0,022
7	100	0,000	100	0,006
8	100	0,000	100	0,015
9	100	0,000	100	0,018
10	100	0,000	100	0,020

Таблиця 3. Значення помилок при розпізнаванні поєднань дефектів КШМ в залежності від кількості нейронів в прихованому шарі.

L	Розпізнавання навчальних прикладів, %	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів, %	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	86	0,012	32	0,048
3	100	0,000	75	0,029
4	100	0,000	100	0,016
5	100	0,000	100	0,004
6	100	0,000	100	0,006
7	100	0,000	100	0,010
8	100	0,000	100	0,014



Рис. 4. Графік збіжності розпізнаних дефектів КШМ при навчанні і тестуванні ШНМ

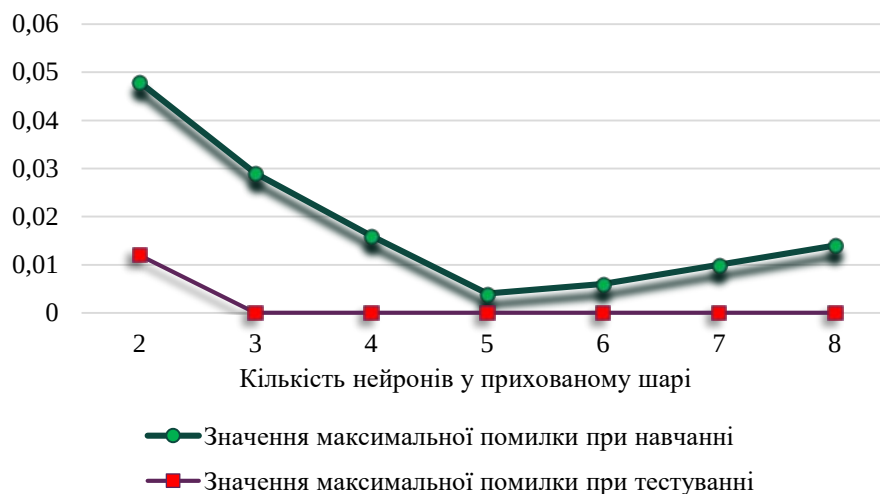


Рис. 5. Графік збіжності значень максимальної помилки розпізнавання дефектів КШМ при навчанні і тестуванні ШНМ.

Таблиця 4. Значення помилок при розпізнаванні поєднань дефектів ГРМ в залежності від кількості нейронів в прихованому шарі

L	Розпізнавання навчальних прикладів, %	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів, %	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	84	0,022	0	0,179
3	100	0	28	0,082
4	100	0	56	0,045
5	100	0	94	0,031
6	100	0	100	0,018
7	100	0	100	0,008
8	100	0	100	0,014
9	100	0	100	0,016
10	100	0	100	0,021

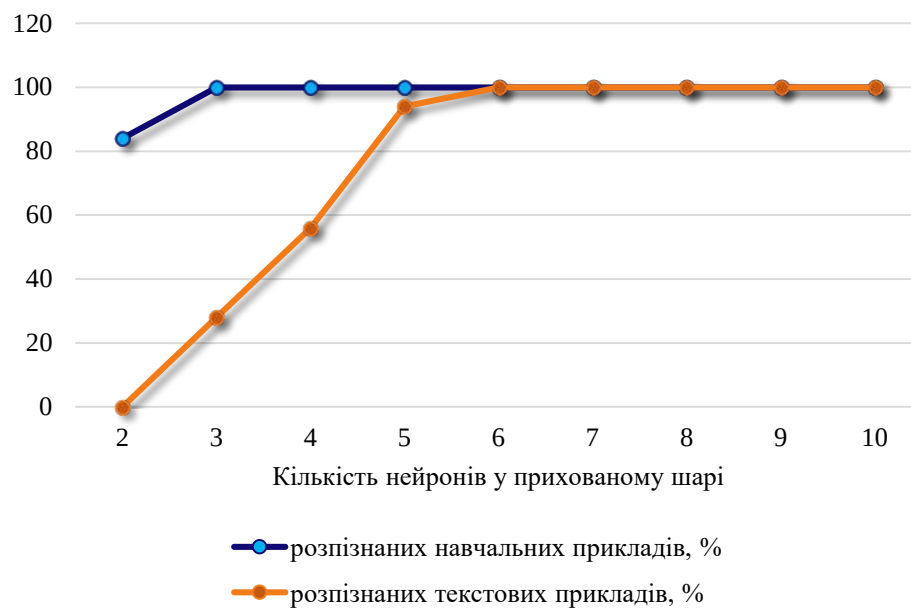


Рис. 6. Графік збіжності розпізнаних дефектів ГРМ при навчанні і тестуванні ШНМ.

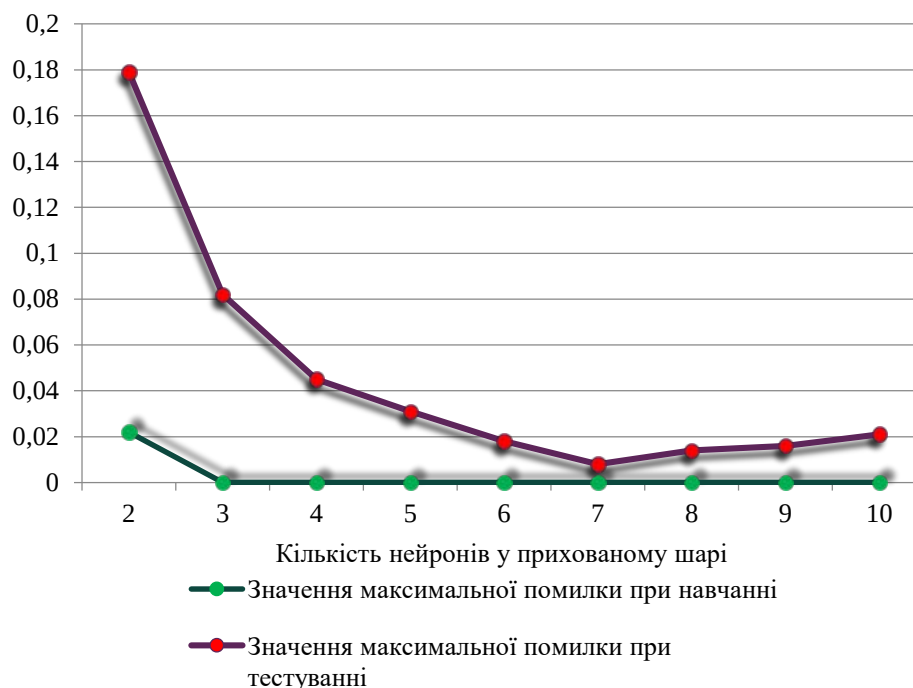


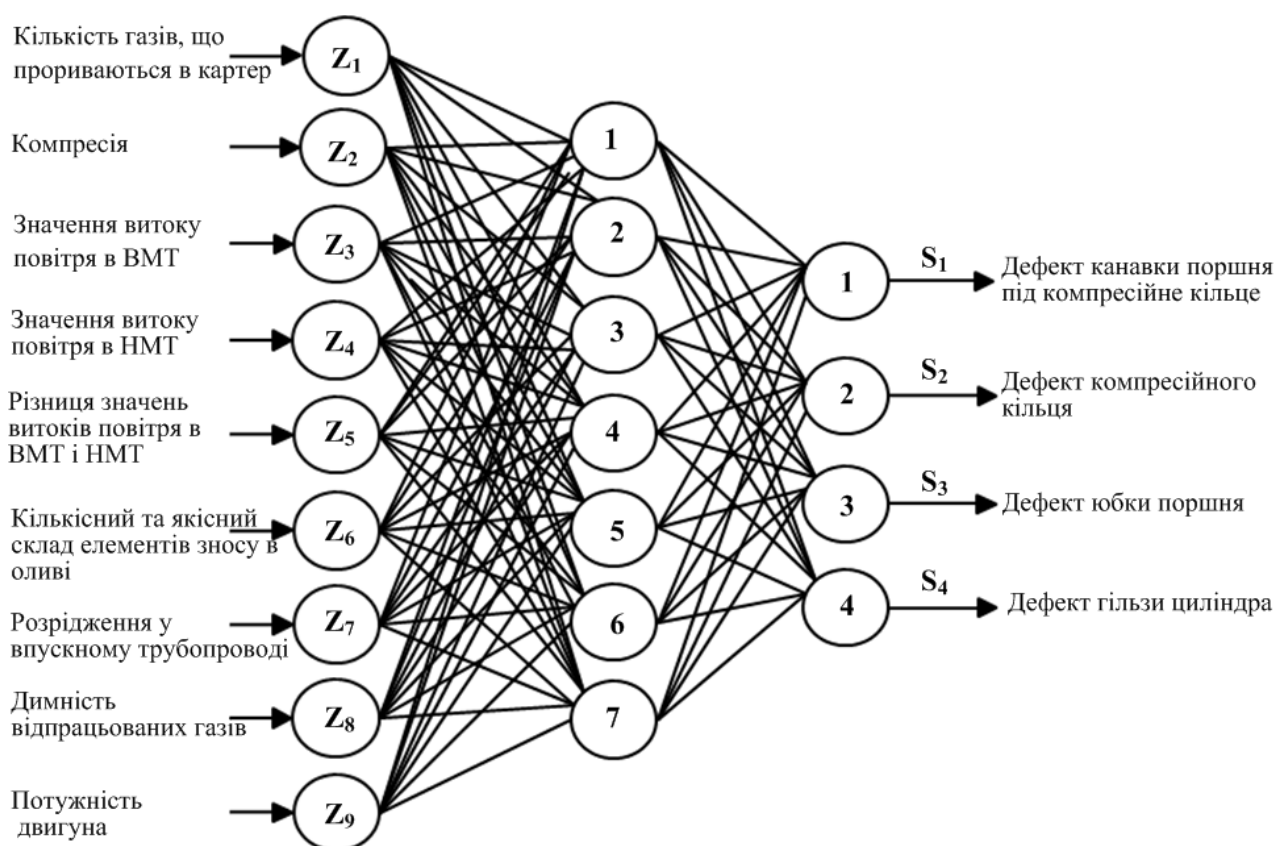
Рис. 7. Графік збіжності значень максимальної помилки розпізнавання дефектів ГРМ при навчанні і тестуванні ШНМ.

Таблиця 5. Результати визначення оптимального числа нейронів в прихованому шарі для завдання виявлення поєднань дефектів.

Найменування вузла	N_x	N_y	Обсяг навчальної вибірки	Максимальна кількість нейронів в прихованому шарі	Оптимальна кількість нейронів в прихованому шарі
ЦПГ	9	4	36	22	7
КШМ	4	4	16	23	5
ГРМ	6	6	36	46	7

Таблиця 6. Матриця поєднань дефектів для основних вузлів об'єкта досліджень.

№ двигуна	Поеднання дефектів													
	ЦПГ				КШМ				ГРМ					
1	S1,1	S1,2	S1,3	S1,4	S1,5	S1,6	S1,7	S1,8	S1,9	S1,10	S1,11	S1,12	S1,13	S1,14
2	S2,1	S2,2	S2,3	S2,4	S2,5	S2,6	S2,7	S2,8	S2,9	S2,10	S2,11	S2,12	S2,13	S2,14
3	S3,1	S3,2	S3,3	S3,4	S3,5	S3,6	S3,7	S3,8	S3,9	S3,10	S3,11	S3,12	S3,13	S3,14
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N	SN,1	SN,2	SN,3	SN,4	SN,5	SN,6	SN,7	SN,8	SN,9	SN,10	SN,11	SN,12	SN,13	SN,14

**Рис. 8.** Граф-модель ШНМ для задачі розпізнавання дефектів ЦПГ.

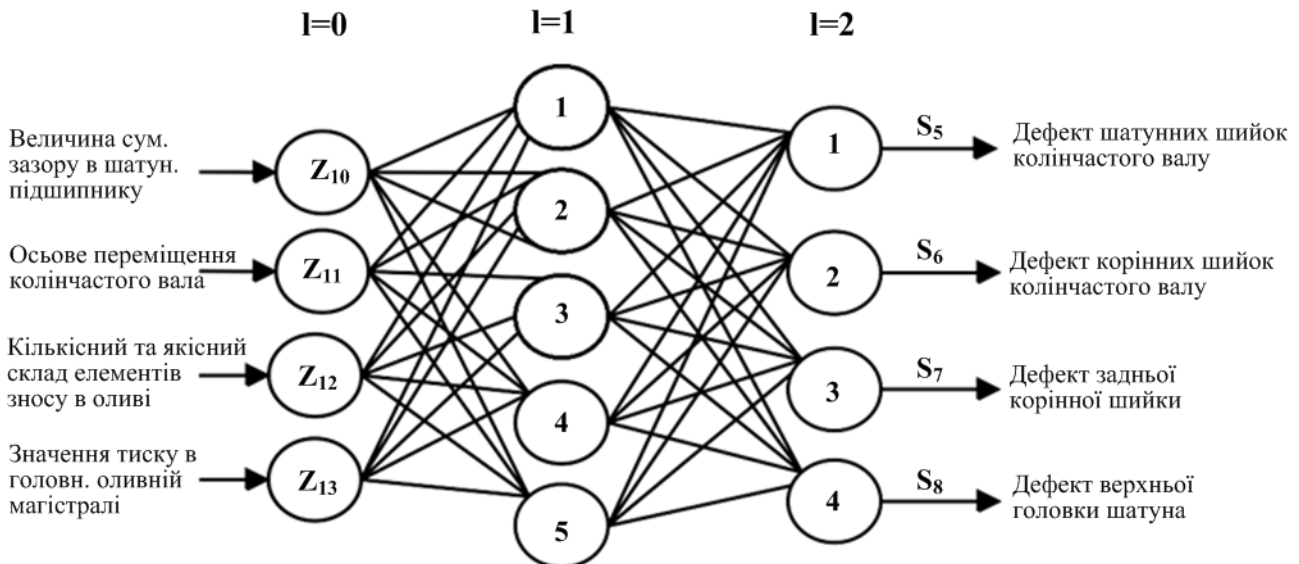


Рис. 9. Граф-модель ШНМ для задачі розпізнавання дефектів КШМ.

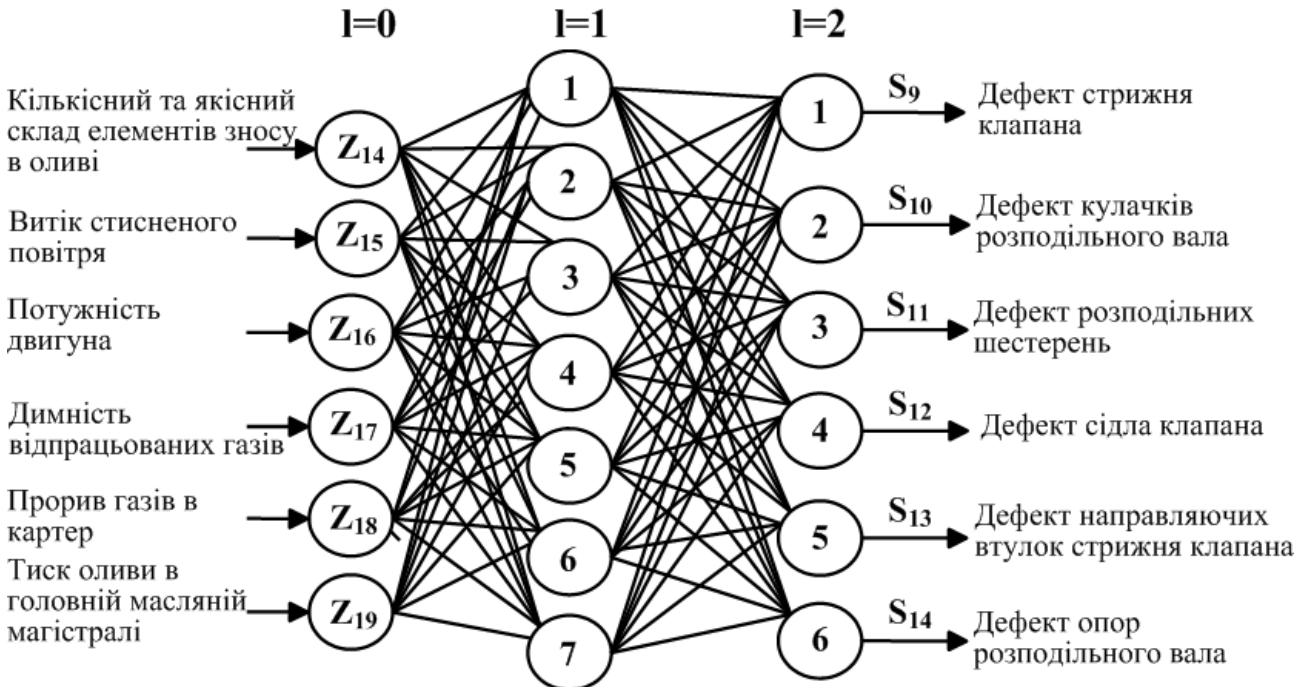


Рис. 10. Граф-модель отриманої ШНМ для задачі розпізнавання дефектів ГРМ.

На рис. 6, 8, 10, де представлені графіки збіжності значень максимальної помилки при розпізнаванні дефектів, наочно показано, що умова цільової функції $\varepsilon \rightarrow \min$ виконується при $L=7$ для ЦПГ; для КШМ при $L=5$; для ГРМ при $L=7$.

Отримані результати представлені у зведених таблиці 5, де число нейронів вхідного шару (N_x) дорівнює кількості контрольованих параметрів, а число нейронів вихідного шару (N_y) – кількості можливих дефектів.

Отримання поєднання виявлених дефектів двигунів використовувалися в якості тестового набору даних при вирішенні наступного завдання, розподіл агрегатів ремонтного фонду по КРР, згідно блок-схеми алгоритму на рис. 7, в рамках загальної методики досліджень.

Дані результати також представлені на рис. 11, рис. 12 і рис. 13 у вигляді побудованих граф-моделей штучних нейронних мереж.

Таким чином, отримані поєднання дефектів для основних ресурсних груп двигуна формують матрицю, загальний вигляд якої наведено в таблиці 6.

В результаті тестування побудованої моделі ШНМ на основі даних отриманих в реальних виробничих умовах, було сформовано 42 (за кількістю двигунів беруть участь в експериментальних дослідженнях) поєднання дефектів основних ресурсних груп (ЦПГ, КШМ, ГРМ), які були занесені в базу даних DB2.

Навчальний набір даних для поточного завдання було сформовано на основі вибірових поєднань з РЦПГ, РКШМ, РГРМ, яким був призначений певний технологічний маршрут, ґрунтуючись на висновках

про оптимальність числа і складу KPP, і згідно з критерієм розподілу по KPP. Обсяг навчальної вибірки був складений виходячи з гіпотези.

Кожен можливий дефект, з сукупності дефектів всіх основних вузлів об'єкта досліджень, буде окремим нейроном вхідного шару штучної нейронної мережі.

Таблиця 7. Значення помилок при розподілі двигунів по технологічних маршрутах в залежності від розпізнаних поєднань дефектів основних вузлів.

L	Розпізнавання навчальних прикладів, %	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів, %	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	46	0,093	0	0,3889
3	63	0,052	12	0,2152
4	87	0,026	44	0,0925
5	95	0,014	66	0,0681
6	100	0,000	85	0,0398
7	100	0,000	100	0,0238
8	100	0,000	100	0,0144
9	100	0,000	100	0,0056
10	100	0,000	100	0,0091
11	100	0,000	100	0,017
12	100	0,000	100	0,026

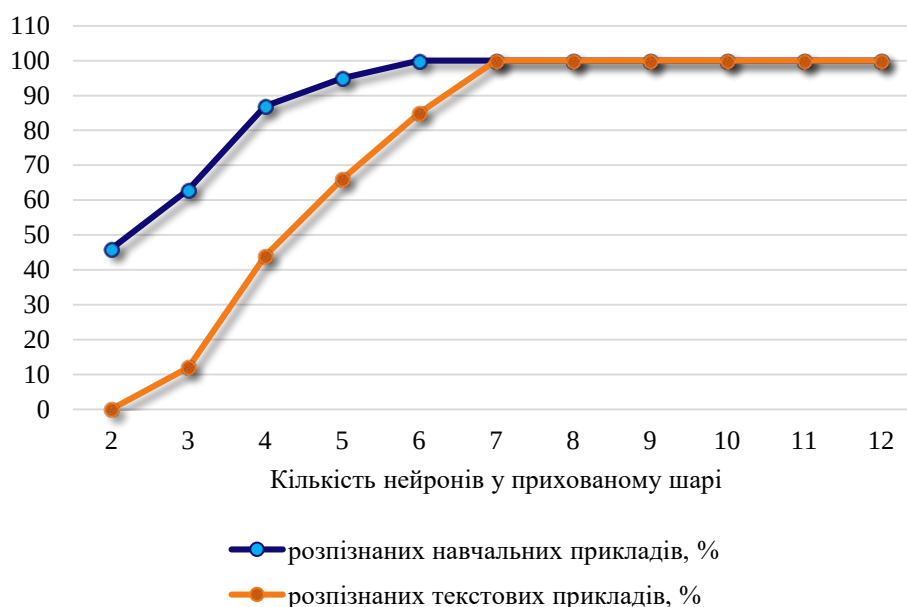


Рис. 11. Графік збіжності розпізнаних дефектів двигунів по KPP при навчанні і тестуванні ШНМ.

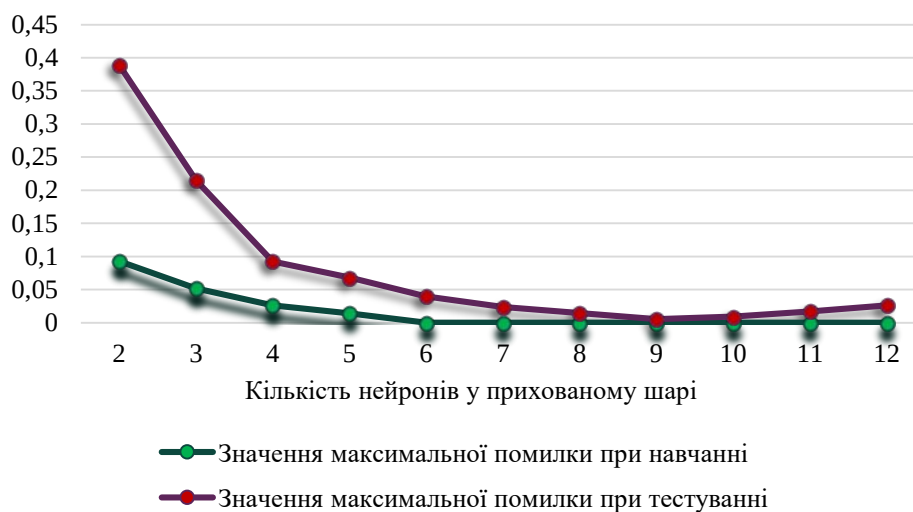


Рис. 12. Графік збіжності значень максимальної помилки при розподілі двигунів по KPP при навчанні і тестуванні ШНМ.

Кожен нейрон вихідного шару буде відповідати певному КРР, яким будуть привласнені сигнали 0 або 1 відповідно, в залежності від виявленої приналежності поєднань дефектів до того чи іншого КРР.

Отримані результати роботи алгоритму розподілу агрегатів ремонтного фонду по КРР в залежності від розпізнаних поєднань дефектів основних вузлів представлені в таблиці 7, а також у вигляді графіків на рис. 11, рис. 12.

Таблиця 8 містить результати визначення оптимальної кількості нейронів в прихованому шарі для даного завдання, виявлені методом ітераційного нарощування числа нейронів згідно з алгоритмом на рис. 7.

Отримані результати також представлені на рис. 13 у вигляді побудованої граф-моделі штучної нейронної мережі.

У таблиці 3.8 кількість нейронів вхідного шару (N_x) дорівнює числу дефектів (згідно з таблицею 1), що утворюють поєднання, всіх вузлів об'єкта досліджень, а число нейронів вихідного шару (N_y) – кількості комплексів ремонтних робіт, між якими будуть розподілятися агрегати ремонтного фонду в залежності від виявлених сполучень дефектів.

Таким чином, за результатами тестування побудованої моделі ШНМ для вирішення поточної задачі, всі агрегати (на прикладі двигунів) були успішно розподілені по технологічних маршрутах ремонту, в залежності від розпізнаних поєднань дефектів.

Тестові набори були сформовані на основі отриманих експериментальним шляхом (в реальних виробничих умовах на етапі передремонтного діагностування двигунів) значень даних параметрів.

Таблиця 8. Результати визначення оптимального числа нейронів в прихованому шарі для завдання розподілу двигунів по КРР.

Найменування вузла	N_x	N_y	Обсяг навчальної вибірки	Максимальна кількість нейронів в прихованому шарі	Оптимальна кількість нейронів в прихованому шарі
Сукупність вузлів (ЦПГ, КШМ, ГРМ)	14	4	56	21	9

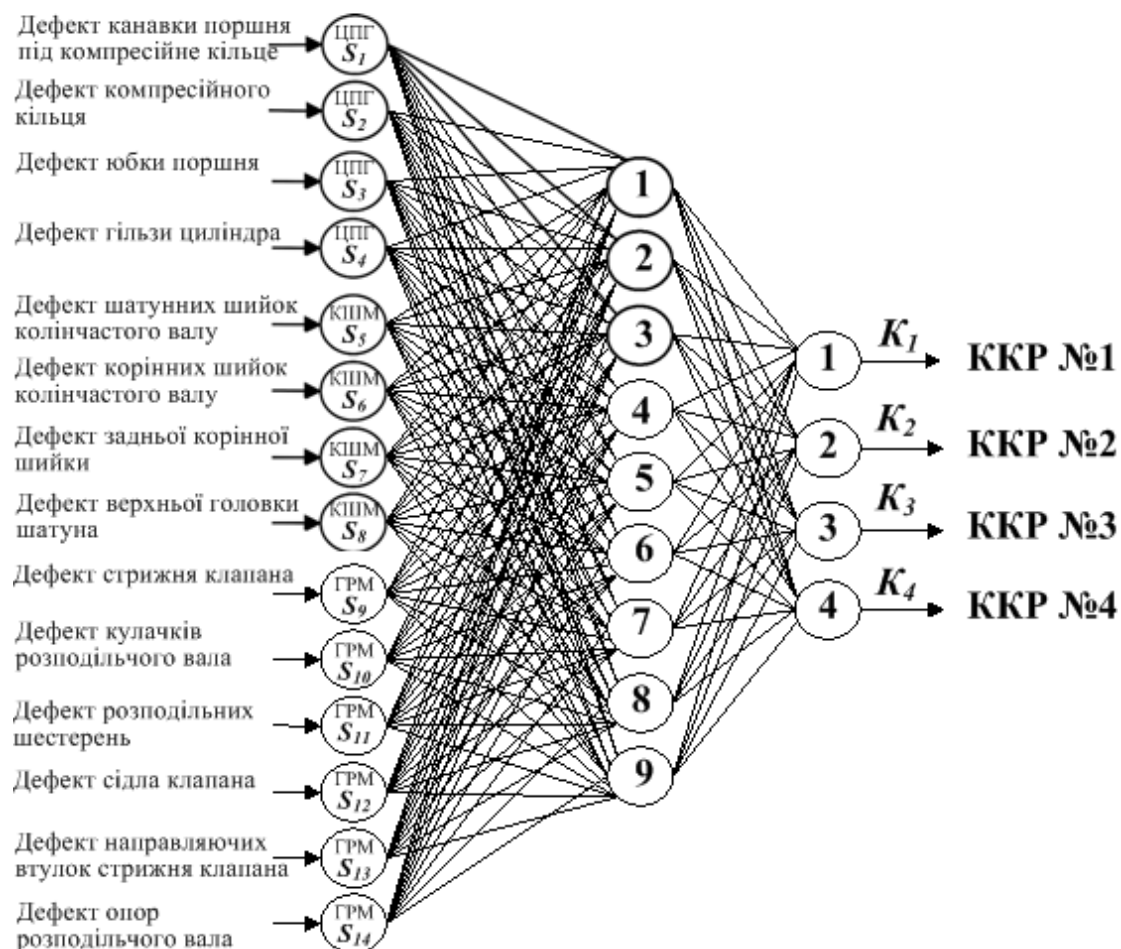


Рис. 3.13. Граф-модель ШНМ для завдання розподілу агрегатів по КРР.

Для розглянутих вузлів двигуна процентне значення тестового набору більше 50% від загального числа прикладів, що є більш ніж достатнім (розмір тестової вибірки зазвичай приймається рівним 10...25% від загального числа прикладів) для перевірки адекватності побудованої моделі та якості навчання.

Отримані результати роботи алгоритму розпізнавання сполучень дефектів для кожного вузла двигуна методом ітераційного нарощування числа нейронів в прихованому шарі наведені в таблицях 2, 3 і 4, де L – число нейронів в прихованому шарі, а також представлені у вигляді графіків на рис. 2 – рис. 6.

Висновки

1. Побудову структурно-слідчих моделей взаємозв'язків контрольованих параметрів для основних ресурсних груп двигуна зернозбирального комбайна здійснювалася на основі його конструкторської документації та інформації про функціонування його окремих механізмів і підсистем. Розроблені ССМ дозволили оцінити його технічний стан на етапах передремонтного діагностування і операційного контролю (передремонтне діагностування) при проведенні експериментальних досліджень.

2. Із залученням апарату регресійної-кореляційного аналізу і методів перевірки статистичних гіпотез сформована раціональна сукупність діагностичних параметрів для ефективної оцінки технічного стану об'єкта дослідження.

3. Із графіків збіжності розпізнаних дефектів і графіка збіжності розподілу ремонтного фонду по КРР видно, що всі приклади з навчальних і тестових вибірок були повністю розпізнані, що говорить про адекватність побудованих моделей ШНМ, а також про вірність висунутої гіпотези щодо необхідного обсягу навчальної вибірки.

4. На графіках збіжності максимальної помилки при навчанні та тестуванні чітко виділяється оптимум цільової функції $\varepsilon \rightarrow \min$. Подальше підвищення функції помилки ε каже про перевантаженість структури ШНМ зайвою кількістю нейронів в прихованому шарі.

5. Обраний програмний продукт Deductor Studio Academic 5.2 дозволив побудувати моделі ШНМ в рамках обробки експериментальних даних, однак дане програмне забезпечення (ПЗ) не здатне повністю охопити розроблену методику, яка представлена на рис. 6 і рис. 7, що говорить про необхідність розробки оригінального програмного забезпечення, яке буде базою для організації автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора-діагноста.

Список літератури

1.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналітичні положення визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та

випробування нової техніки, технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2017. Вип. 21 (35). С. 55–61.

2.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.

3.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.

4.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Математичний апарат опису маршруту технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням виявлення комбінацій відмов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 337–346.

5.Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179–184.

6.Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 103–114.

7.Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Роговський І. Л. Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки: монографія. Київ. НУБіП України. 2016. 360 с.

8.Роговський І. Л. Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2015. Вип. 159. С. 224–232.

9.Роговський Іван. Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2014. Tom 16. №3. P. 296–302.

10. Rogovskii I. L. Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 403–411.

11. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105–115.

12. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Загальні положення структурної схеми АРМ оператора-діагноста зернозбирального комбайна. Machinery & Energetics. Kyiv. 2018, Vol. 9, No 3. С. 155–160.

References

1. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Analytical position determination of the coefficient of dynamic parameters of the technical condition of combine harvesters. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. Vol. 21 (35). 55-61.
2. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 258. 380-390.
3. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 262. 353-361.
4. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Mathematical apparatus of the description of the route maintenance of combine harvesters in accordance with the detection of combinations of failures. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 275. 337-346.
5. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2017). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. Vol. 19. No 3. 179-184.
6. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. 103-114.
7. Voytyuk, V. D., Rublyov, V. I., Rogovskii, I. L. (2016). System guidelines for quality assurance of technical service of agricultural machinery. Kiev. NULESU. 360.
8. Rogovskii, I. L. (2015). Recovery Assembly units of agricultural machines. Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 159. 224-232.
9. Rogovskii Ivan. (2014). Stochastic models ensure efficiency of agricultural machinery. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 16. № 3. 296-302.
10. Rogovskii, I. L. (2017). Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 262. 403-411.
11. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2018). Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. 105-115.
12. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2018). General provisions structural diagram of awp operator-diagnostics combine harvester. Machinery & Energetics. Kyiv. Vol. 9, No 3. 155-160.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ СОЧЕТАНИЙ ДЕФЕКТОВ АГРЕГАТОВ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА ОСНОВЕ ИНС

Д. Ю. Калиниченко, И. Л. Роговский

Аннотация. В основе технического обслуживания зерноуборочных комбайнов за техническим состоянием лежит технический контроль, с помощью которого проводят непрерывный или периодический контроль параметров технического состояния, характеризующих текущее фактическое состояние узлов, механизмов или агрегатов. Прогнозирование выполняют при непрерывном контроле для определения наработки, в течение которого сохранится работоспособное состояние, а при периодическом контроле – для определения момента времени следующего контроля.

Процесс технического контроля неисправностей состоит из обнаружения и локализации дефектов в системе зерноуборочных комбайнов. По мере усложнения технических систем зерноуборочных комбайнов и рост требований к безопасности, надежности и экологичности, технический контроль неисправностей становится все более значимой процедурой. Одним из примеров является система технического обслуживания зерноуборочных комбайнов, где требуется высокая надежность и работоспособность, низкий уровень выбросов, кроме того, технический контроль способствует повышению эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов.

Ключевые слова: анализ, система, стратегия, техническое обслуживание, зерноуборочный комбайн.

SOLUTION TO PROBLEM OF RECOGNITION OF COMBINATIONS OF DEFECT AGGREGATES COMBINE HARVESTER ON BASIS OF INS

Kalinichenko D. Yu., Rogovskii I. L.

Abstract. The basis of the technical maintenance of combine harvesters for the technical condition is technical control, through which conduct continuous or periodic monitoring of the parameters of the technical condition characterizing the actual state of units, mechanisms or aggregates. Forecasting is performed by continuous monitoring to determine the developments during which you will remain healthy state and under periodic monitoring to determine the time of the next control.

The process of technical control of faults consists of detection and location of defects in the system of combine harvesters. As the complexity of technical systems of combine harvesters and the growth requirements of safety, reliability and sustainability, technical fault monitoring is becoming increasingly important procedure. One example is the system of technical maintenance of combine harvesters, which require high reliability and performance, low emissions, in addition, the technical control helps to improve the effectiveness of the technical maintenance of combine harvesters.

Key words: analysis, system, strategy, technical maintenance, combine harvester.