

software package, the quality coefficient of variation δ mix of the load factor K and kinematic mode indicator λ . Pus-compost mixture is represented in the form of spherical particles of 2.5 mm radius. In the simulation process by this method are given assumptions pus-compost mixture particles. Then, on the basis of the initial data given contact interacting physical laws are calculated the forces acting on each particle in each time interval. For each particle is calculated and the resultant force is also solved the Cauchy problem on the selected time interval, the result of which is the input data for the next step. As physical models for the numerical simulation were chosen as follows: gravity field model of discrete elements, Lagrangian multiphase, multi-phase model of interaction. Numerical simulation was conducted on a full factorial experiment with the total number of experiments – 27. As a result of the simulation was obtained visualization process of mixing pus-compost mixture and forming shoulder. It is found that at low kinematic mode index ($\lambda = 16,8$) increases with increasing load factor and the coefficient of variation. Unlike high kinematic mode index ($\lambda = 251,3$), wherein with increasing load factor variation coefficient decreases.

Keywords: compost, shoulder, mixer-aerator, numerical simulation, coefficient of variation, load factor, kinematic component

УДК 658.58:004

ПОБУДОВА ДОРАДЧОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА ОСНОВІ БАЗИ ЗНАНЬ

О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, кандидати технічних наук

Анотація. Наведено методику побудови дорадчої системи на основі елементів бази знань щодо діагностування зернозбиральних комбайнів, яка базується на зовнішніх ознаках і містить інформацію про відмови гідравлічної системи зернозбиральних комбайнів, їх причини та методи усунення.

Експлуатація комбайна забезпечується оператором – комбайнером, який зазвичай володіє лише поверхневими знаннями щодо конструкції, будови та технологічного процесу роботи машини і ще більш обмеженими знаннями і навиками управління технічним станом (як відомо, нестача і низький рівень кваліфікації кадрів – одна з найгостріших проблем сільськогосподарського виробництва). Це призводить до того, що найчастіше оператор

© О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, 2016

не в змозі не тільки якісно і вчасно провести технічне обслуговування та заявочний ремонт, але навіть грамотно описати зовнішні прояви відмови і повідомити їх майстру-діагносту чи вірно ввести їх у дорадчу систему. Тому спілкування оператора та майстра-діагноста може нагадувати діалог лікаря з хворим: оператор перераховує «скарги» на машину, а діагност задає уточнюючі запитання з метою визначення зовнішніх ознак несправності і набору необхідних відомостей для подальшого діагностування. Даній зазначеній вище ситуації можна дати раціональне пояснення. Збільшення складності сучасних технічних та людино-машинних систем (наприклад, система «оператор – комбайн») призвело до того, що їх «поведінка» аналогічна поведінці живих організмів: у ній (системі) важко розібратися і виявити причинно-наслідкові зв'язки без глибоких знань про її будову і організацію всіх процесів. Непідготовлена людина може помітити тільки відхилення (або порушення) в поведінці за умови, що у нього сформовано суб'єктивне уявлення про поведінку.

Ключові слова: *діагностика, відмова, база знань, дорадча система, гідравлічна система*

Постановка проблеми. Зернозбиральний комбайн (ЗК) – найскладніша мобільна машина, що застосовується в сільськогосподарському виробництві. Експлуатація комбайна забезпечується оператором – комбайнером, який зазвичай володіє лише поверхневими знаннями щодо конструкції, будови та технологічного процесу роботи машини і ще більш обмеженими знаннями і навиками управління технічним станом (як відомо, нестача і низький рівень кваліфікації кадрів – одна з найгостріших проблем сільськогосподарського виробництва).

Аналіз останніх досліджень. Це призводить до того, що найчастіше оператор не в змозі не тільки якісно і вчасно провести технічне обслуговування та заявочний ремонт, але навіть грамотно описати зовнішні прояви відмови і повідомити їх майстру-діагносту чи вірно ввести їх у дорадчу систему. Тому спілкування оператора та майстра-діагноста може нагадувати діалог лікаря з хворим: оператор перераховує «скарги» на машину, а діагност задає уточнюючі запитання з метою визначення зовнішніх ознак несправності і набору необхідних відомостей для подальшого діагностування. Даній зазначеній вище ситуації можна дати раціональне пояснення. Збільшення складності сучасних технічних та людино-машинних систем (наприклад, система «оператор – комбайн») призвело до того, що їх «поведінка» аналогічна поведінці живих організмів: у ній (системі) важко розібратися і виявити

причинно-наслідкові зв'язки без глибоких знань про її будову і організацію всіх процесів [1–5]. Непідготовлена людина може помітити тільки відхилення (або порушення) в поведінці за умови, що у нього сформовано суб'єктивне уявлення про «нормальну» поведінку. Зазначимо, що від кількості та якості отриманої до початку процесу діагностування апріорної інформації залежить ефективність діагностування і якість діагнозу. Адже, якщо до початку діагностування відомо, що у машини (на прикладі ЗК «Дон-1500Б») не вмикається вивантаження зерна, то перевірки будуть піддані тільки підсистеми вмикання вивантаження електрогідравліки, електронне блокування (датчики ДО-13-1) та елементи основної гідросистеми [6], а не вся гідросистема чи машина в цілому.

Мета досліджень. Тому в даній роботі розглядається процес генерації апріорної інформації для діагностування ЗК.

Результати досліджень. Для виявлення зовнішніх ознак відмов розглянемо взаємодію оператора з машиною при експлуатації за призначенням. Для опису цього процесу доцільно розглядати ЗК в вигляді системи, що взаємодіє із зовнішнім середовищем і оператором по ланцюгах обміну, які містять «входи» і «виходи». З точки зору ефективності експлуатації найбільшу вагомість має цільовий ланцюг, що характеризує вихідний ефект від системи. Однак оцінка ефекту від експлуатації комбайна не входить в коло завдань оператора, це, швидше, задача керівника, агронома, інженера, економіста. Оператор же несе відповідальність за якість технологічного процесу роботи машини (і тільки через це якість впливає на вихідний ефект від використання машини), тому нам слід розглядати взаємодію всіх контурів процесів.

Розглянемо контур процесів основної гідросистеми зернозбирального комбайна. Входами (X) в цьому випадку є керуючі дії (команди) оператора. Ці входи обумовлюють виконання певних операцій гідросистемою – процесів. Результатами процесів – виходами (Y) є нові стани агрегатів і робочих органів комбайна. Для здійснення процесу крім входів необхідно виконання певних умов (U). Наприклад, для виконання всіх процесів основної гідросистемою в працездатному стані умовою є працюючий двигун, а якщо розглянути процес опускання жатки, то одночасно з цією умовою має виконуватися і наступна – «жатка не знаходиться в крайньому нижньому положенні». Зауважимо, що нами розглядаються лише ті умови, виконання яких піддається звичному сприйняттю. В іншому випадку ці умови ніяк не можна асоціювати з контуром безпосереднього обміну «машина – оператор».

Умови (U) доцільно розділити на дві групи: виключні і невиключні. При цьому під виключними будемо розуміти умови, виконання яких обов'язково для здійснення процесу (у

працездатному і у непрацездатному стані). Для вищенаведеного прикладу опускання жатки умова «жатка не знаходиться в крайньому нижньому положенні» – виключне, а умова «двигун працює» – невиключна, так як при відмовах деяких підсистем (гідрозамок) підйому/опускання жатки основної гідросистеми, жатка може опускатися і при непрацюючому двигуні.

При рішенні задач управління технічним станом машини розглянутий контур обміну викликає зацікавленість, як джерело інформації про технічний стан зовнішніх ознак відмов (рис. 1). Під зовнішньою ознакою відмови розуміється критерій відмови елемента об'єкта, що сприймається людиною органолептично без використання зовнішніх засобів технічного діагностування. Визначення термінів «критерій відмови» і «зовнішній засіб технічного діагностування» взяті відповідно до стандартів.

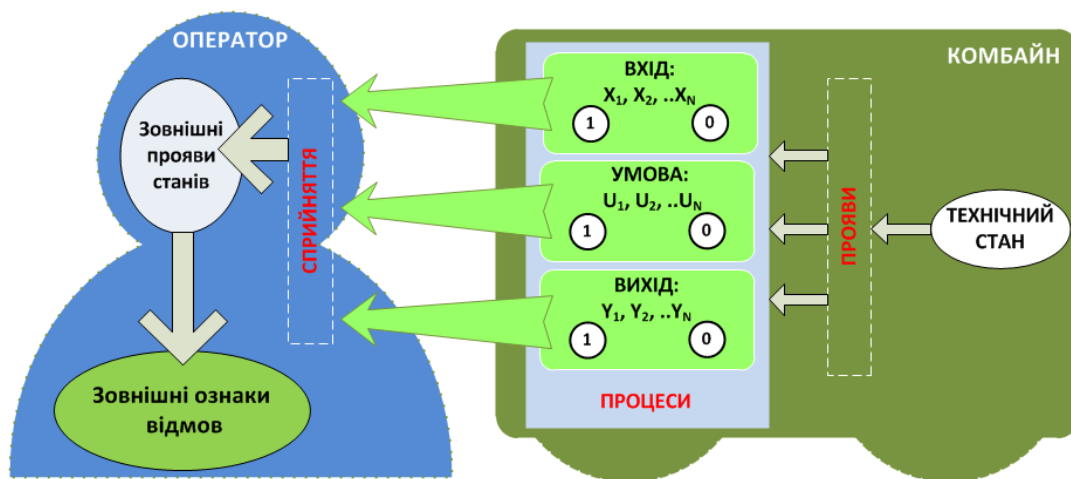


Рис. 1. Зовнішні прояви станів об'єкта діагностування (нульовий рівень).

Завдання діагностування за зовнішніми ознаками технічних станів сформульоване наступним чином: потрібно побудувати вирішальне правило, що дозволяє за спостережуваній зовнішній ознаці визначити наявність окремих відмов в об'єкті. Для побудови вирішального правила використана наступна посилка: виходи Y є функцією входів X , станів S і технічних станів TS (які характеризуються наявністю чи відсутністю відмов):

$$Y = f(X, S, TS).$$

Для прикладу розглянемо чотири процеси, найчастіше виконувані основною гідросистемою комбайна «Дон-1500Б»: підйом жнивної частини, опускання жнивної частини, поворот вивантажувального шнека з транспортного положення в робоче та поворот вивантажувального шнека з робочого положення у транспортне. Наведемо короткий опис перерахованих процесів.

Процес 1: «Підйом жнивної частини». Вхід: X_1 – клавіша «підйом/опускання жнивної частини» знаходиться в положенні «Підйом». Умова: $U_{1.1}$ – двигун працює – виключна; $U_{1.2}$ – «жнивна частина не знаходиться у крайньому верхньому положенні» - виключна. Вихід: Y_1 – «положення жнивної частини відносно землі стало вище, ніж було».

Процес 2: «Опускання жнивної частини». Вхід: X_2 – клавіша «підйом/опускання жнивної частини» знаходиться в положенні «Опускання». Умова: $U_{2.1}$ – двигун працює – невиключна; $U_{2.2}$ – «жнивна частина не знаходиться у крайньому нижньому положенні» - виключна. Вихід: Y_2 – «положення жнивної частини відносно землі стало нижче, ніж було».

Процес 3: «Поворот вивантажувального шнека з транспортного положення в робоче». Вхід: X_3 – клавіша «поворот ви грузного шнека» знаходиться в положенні «Переведення в робоче положення». Умова: $U_{3.1}$ – двигун працює – виключна; $U_{3.2}$ – «вивантажувальний шнек не знаходиться у робочому положенні» – виключна. Вихід: Y_3 – «вивантажувальний шнек знаходиться у робочому положенні».

Процес 4: «Поворот вивантажувального шнека з робочого положення в транспортне». Вхід: X_4 – клавіша «поворот вивантажувального шнека» знаходиться в положенні «Переведення в транспортне положення». Умова: $U_{4.1}$ – двигун працює – виключна; $U_{4.2}$ – «вивантажувальний шнек не знаходиться у транспортному положенні» – виключна. Вихід: Y_4 – «вивантажувальний шнек знаходиться у транспортному положенні».

Усі перераховані вище входи, умови і виходи можуть приймати два логічні значення: TRUE («Так», 1) і FALSE («Ні», 0). Тому опис цих процесів може бути показаний у вигляді алгебри логіки (логічної кон'юнкції – оператор «AND»). При цьому приймається припущення, що одночасно задіяний лише один вхід. Для процесу 1 зовнішній прояв працездатного стану описується системою:

$$\left[\begin{array}{l} \bar{X}_1 \wedge \bar{U}_{1.1} \wedge \bar{U}_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ X_1 \wedge \bar{U}_{1.1} \wedge \bar{U}_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ X_1 \wedge U_{1.1} \wedge \bar{U}_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ X_1 \wedge \bar{U}_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ \bar{X}_1 \wedge U_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ \bar{X}_1 \wedge \bar{U}_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ \bar{X}_1 \wedge U_{1.1} \wedge \bar{U}_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ X_1 \wedge U_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1. \end{array} \right. \quad (1)$$

Або:

$$\left[\begin{array}{l} \bar{X}_1 \vee \bar{U}_{1.1} \vee \bar{U}_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ X_1 \wedge U_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow Y_1. \end{array} \right. \quad (2)$$

Проявом непрацездатного станів описуються системою:

$$\begin{cases} X_1 \wedge U_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow \bar{Y}_1; \\ \bar{X}_1 \wedge U_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow Y_1; \\ X_1 \wedge U_{1.1} \wedge U_{1.2} \rightarrow Y_1, \forall j \neq 1. \end{cases} \quad (3)$$

Приведені вище формули зручно аналізувати у вигляді зведених таблиць істинності (табл. 1). Система (3) та рядки 9–11 табл. 1 являють собою опис зовнішніх ознак відмови гідросистеми. Звичною мовою це можна описати наступним чином.

1. Таблиця істинності відмов для процесу 1

#	$X_j, j \neq 1$	X_1	$U_{1.1}$	$U_{1.2}$	Y_1	Відмова
1	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	0	1	1	0	0	0
4	0	1	0	1	0	0
5	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	1	0	0
7	0	0	1	0	0	0
8	0	1	1	1	1	0
9	0	1	1	1	0	1
10	0	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1

Рядок 9. Коротко: «жнивна частини не підіймається». Детально: «двигун працює; жнивна частина не знаходиться в крайньому верхньому положенні; клавіша «піднімання/опускання жнивної частини» переведена у положення «піднімання»; положення жнивної частини не змінилося.

Рядок 10. Коротко: «мимовільне піднімання жнивварки». Детально: «двигун працює; жнивна частина не знаходиться в крайньому верхньому положенні; всі клавіші управління електрогідравлікою знаходяться у нейтральному положенні; положення жнивної частини відносно землі стало вище.

Для опису можливих відмов проведемо розділення систем комбайна, тобто розглянемо діагностичну модель на більш низьких рівнях ієрархічної структури (рис. 2. – рівень 1). Взаємодія між окремими системами комбайна здійснюється за внутрішніми входами і виходами, які не входять в контур обміну «оператор – машина». Внутрішні виходи електрообладнання – це подача напруги (24 В) на розподільники з електромагнітним керуванням: EM1 – на електромагнітний клапан управлінням ЕМК; EM2 – на лівий електромагніт секції «підйом/ опускання жнивварки» п'ятисекційного електрогідророзподільника; EM3 – на правий електромагніт секції «підйом/опускання жнивварки» п'ятисекційного електрогідророзподільника; E4 – на лівий електромагніт секції «поворот вивантажувального шнека» чотирьохсекційного електрогідророзподільни-

ка; E5 – на правий електромагніт секції «поворот вивантажувального шнека» чотирьохсекційного електрогідророзподільника. Внутрішні виходи електрообладнання є внутрішніми входами гідросистеми (*Internal outputs-inputs*).

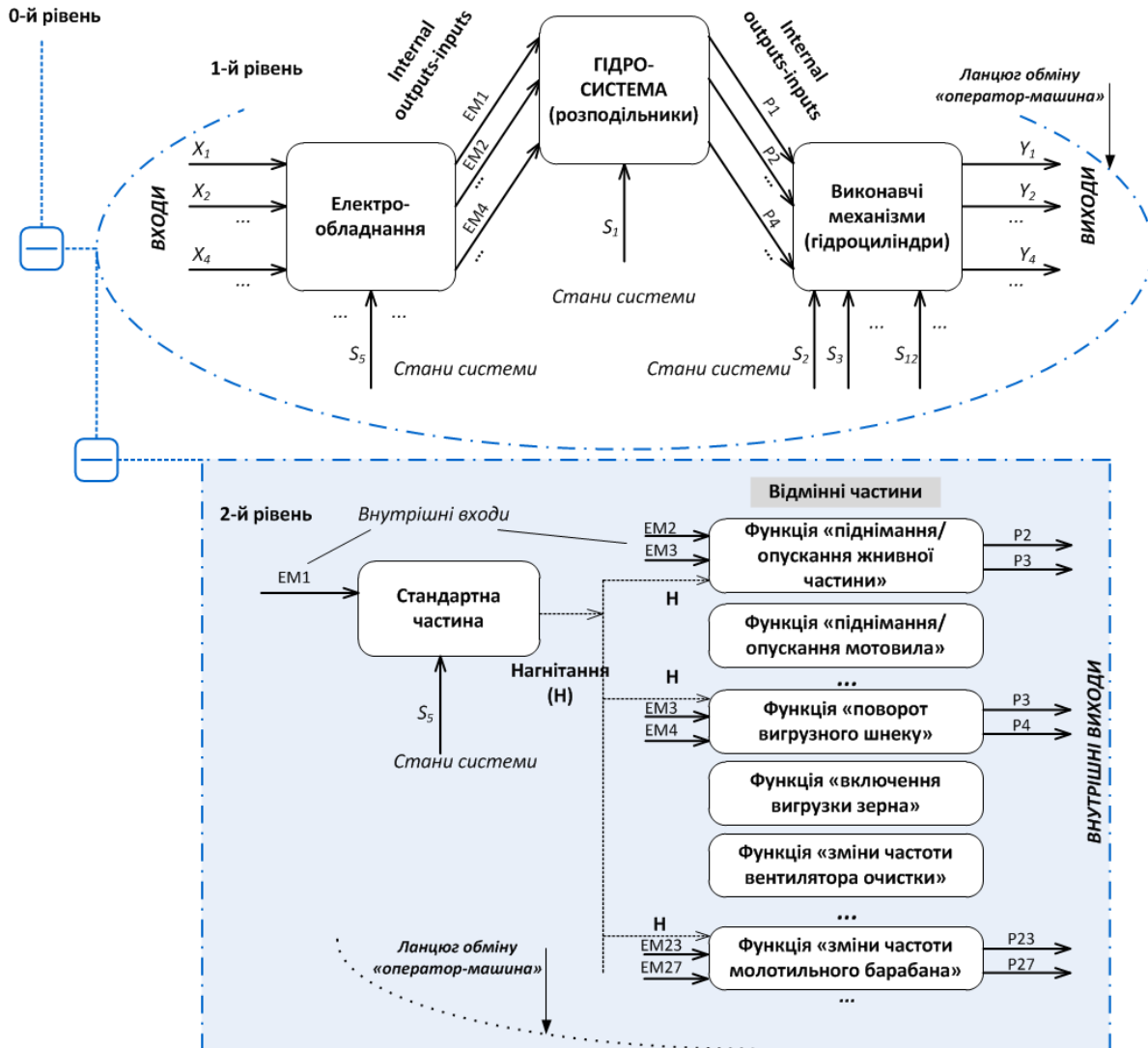


Рис. 2. Рівні ієрархічної структури систем і агрегатів гідросистеми Дон-1500Б.

Внутрішні виходи гідросистеми: P1 – зусилля на штоках гідроциліндрів підйому/опускання жнивварки, достатню для підйому жнивної частини; P2 – зусилля на штоках гідроциліндрів підйому / опускання жнивної частини, яке не перешкоджає опускання жнивної частини (під дією сили тяжіння); P3 – зусилля на штоку гідроциліндра повороту вивантажувального шнека, достатнє для переведення шнека в робоче положення; P4 – зусилля на штоку гідроциліндра повороту вивантажувального шнека, достатню для перекладу шнека в транспортне положення. Під «достатнім зусиллям» в наведених описах виходів розуміється така сила, яка

здатна забезпечити виконання відповідного процесу за умови знаходження інших (механічних) систем в працездатному стані. Внутрішні виходи гідросистеми є внутрішніми входами інших систем, що перетворюють ці входи на виходи процесів (рис. 2 – рівень 2).

2. Моделі відмов гідросистеми комбайна.

Вербальний опис	Формалізований опис
<i>Відмови стандартної частини гідросистеми</i>	
Відсутня подача рідини під «робочим» тиском в порожнину нагнітання при працюючому двигуні і наявності напруги на ЕМК	$EM1 \wedge S_1 \rightarrow \bar{H}$
Є подача рідини під «робочим» тиском в порожнину нагнітання при працюючому двигуні і відсутності напруги на ЕМК	$\overline{EM1} \wedge S_1 \rightarrow H$
<i>Відмови відмінних частин гідросистеми</i>	
<i>функція «підйом / опускання жатки»</i>	
Відсутнє зусилля, що піднімає жниварку, на штоках гідроциліндрів при наявності подачі рідини від стандартної частини і напруги на лівому електромагніті секції	$EM2 \wedge H \rightarrow \bar{P1}$
Є зусилля, яке піднімає жатку, на штоках гідроциліндрів при наявності подачі рідини від стандартної частини і відсутності напруги на лівому електромагніті секції «підйом / опускання	$\overline{EM2} \wedge H \rightarrow P1$
Відсутнє «послаблення» зусилля, що утримує жатку, на штоках гідроциліндрів при наявності подачі рідини від стандартної частини і напруги на правому електромагніті секції «підйом /	$EM3 \wedge H \rightarrow \bar{P2}$
Є «послаблення» зусилля, що утримує жатку, на штоках гідроциліндрів при наявності подачі рідини від стандартної частини і відсутності напруги на правому електромагніті секції	$\overline{EM3} \wedge H \rightarrow P2$
Є «ослаблення» зусилля, утримує жатку, на штоках гідроциліндрів при відсутності подачі РЖ від стандартної	$\bar{H} \rightarrow P2$
...	
<i>функція «поворот вивантажувального шнека»</i>	
Відсутність зусилля, що переводить шнек в робоче положення, на штоку гідроциліндра при наявності подачі рідини від стандартної частини і напруги на лівому електромагніті секції	$EM4 \wedge H \rightarrow \bar{P3}$
Є зусилля, що переводить шнек в робоче положення, на штоку гідроциліндра при наявності подачі рідини від стандартної частини і відсутності напруги на лівому електромагніті секції «поворот вивантажувального шнека»	$\overline{EM4} \wedge H \rightarrow P3$
Відсутність зусилля, що переводить шнек в транспортне положення, на штоку гідроциліндра при наявності подачі рідини від стандартної частини і напруги на правому електромагніті секції «поворот вивантажувального шнека»	$EM5 \wedge H \rightarrow \bar{P4}$
Є зусилля, що переводить шнек в транспортне положення, на штоку гідроциліндра при наявності подачі рідини від стандартної частини і відсутність напруги на правому електромагніті секції «поворот вивантажувального шнека»	$\overline{EM5} \wedge H \rightarrow P4$
Є зусилля, що переводить шнек в транспортне положення, на штоку гідроциліндра при відсутності подачі рідини від	$\bar{H} \rightarrow P4$

Основну гідросистему зернозбирального комбайна «Дон-1500Б» доцільно уявляти як ту, що складається зі стандартної і відмінних частин (рис. 2 – рівень 2). Стандартна частина забезпечує подачу оливи (нагнітання – «Н») робочої рідини до роздільних частин, які розподіляють потік робочої рідини і перетворюють її енергію у внутрішні виходи гідросистеми.

Беручи до уваги, що всі наведені вище входи і виходи є логічними змінними, моделі можливих відмов описаних систем можна подати у вигляді логічних виразів, наведених в табл. 2. Для спрощення описи відмов електрообладнання та інших систем (виконавчих механізмів) в статті не приводяться.

3. Відмови елементів стандартної частини.

Опис	Причини	Методи перевірки і усунення
<i>Гідробак</i>		
Немає подачі рідини у всмоктувальний рукав насосу	1 – рівень рідини нижче норми	Закачати оливу в систему нагнітачем
	2 – забруднено сапун	Очистити сапун від пилу і бруду
	3 – повітряна пробка в всмоктувальному рукаві	Від'єднати рукав від насоса і видалити повітря, дочекавшись появи оливи в рукаві
<i>Насос і привід насоса</i>		
Немає подачі рідини у порожнину нагнітання (при працюючому на номінальних оборотах двигуна)	1 – помилки монтажу насоса або дефекти деталей	Підтягнути ремінь приводу, чи замінити дефектні деталі
	2 – дефекти деталей насоса НШ-32-3	Перевірити відповідність подачі насоса встановленим вимогам. У разі невідповідності замінити насос НШ-32-3
<i>Запобіжно-переливної клапан</i>		
Немає зливу рідини	1 – дефекти деталей або помилки збирання	Розібрати ЗПК, перевірити деталі і зібрати відповідно до технічної документації, або замінити ЗПК
	1 – засмічення сідла золотника (сторонній предмет між золотником і сідлом)	Зняти нагнітальний фланець ЗПК і кілька разів натиснути на клапан для видалення засмічення (до припинення рясного витоку оливи), або замінити ЗПК
Постійний злив рідини	2 – засмічення сідла запобіжного клапана	Розібрати ЗПК, очистити деталі і зібрати відповідно до технічної документації, або замінити ЗПК
	3 – засмічення дросельного отвору клапана	
	4 – дефекти деталей або помилки монтажу	

Зазначені відмови характеризують технічний стан підсистем комбайна, які в свою чергу складаються з безлічі агрегатів, деталей. Для відновлення працездатності необхідно виявляти відмови елементів на тому рівні ієрархічної структури машини, на якому це відновлення буде найбільш ефективним для умов конкретного підприємства. Таким чином, при розробці універсальних засобів діагностування доцільне виявлення відмов на найнижчому рівні (тобто з «запасом» глибини діагностування). У зв'язку з цим «рух вниз» по ієрархії продовжимо для гідравлічної системи. Система складається з гідравлічного баку, шестеренчастого насоса НШ-32-3 з приводом, запобіжно-переливного клапана (ЗПК), електромагнітного клапана (ЕМК). Перераховані елементи пов'язані між собою і з відмінними частинами гідросистеми трубопроводами. Можливі відмови деяких елементів, їх причини та методи усунення наведені в табл. 3. Описаний підхід є методичною основою проектування бази знань дорадчої системи для технічного обслуговування і діагностування зернозбиральних комбайнів. Результати теоретичних і практичних досліджень дозволили реалізувати інтелектуальну систему підтримки оператора в процесах збору та аналізу інформації про технічний стан машини без вимірювання діагностичних параметрів – тобто імітувати роботу висококваліфікованого фахівця в області технічної діагностики.

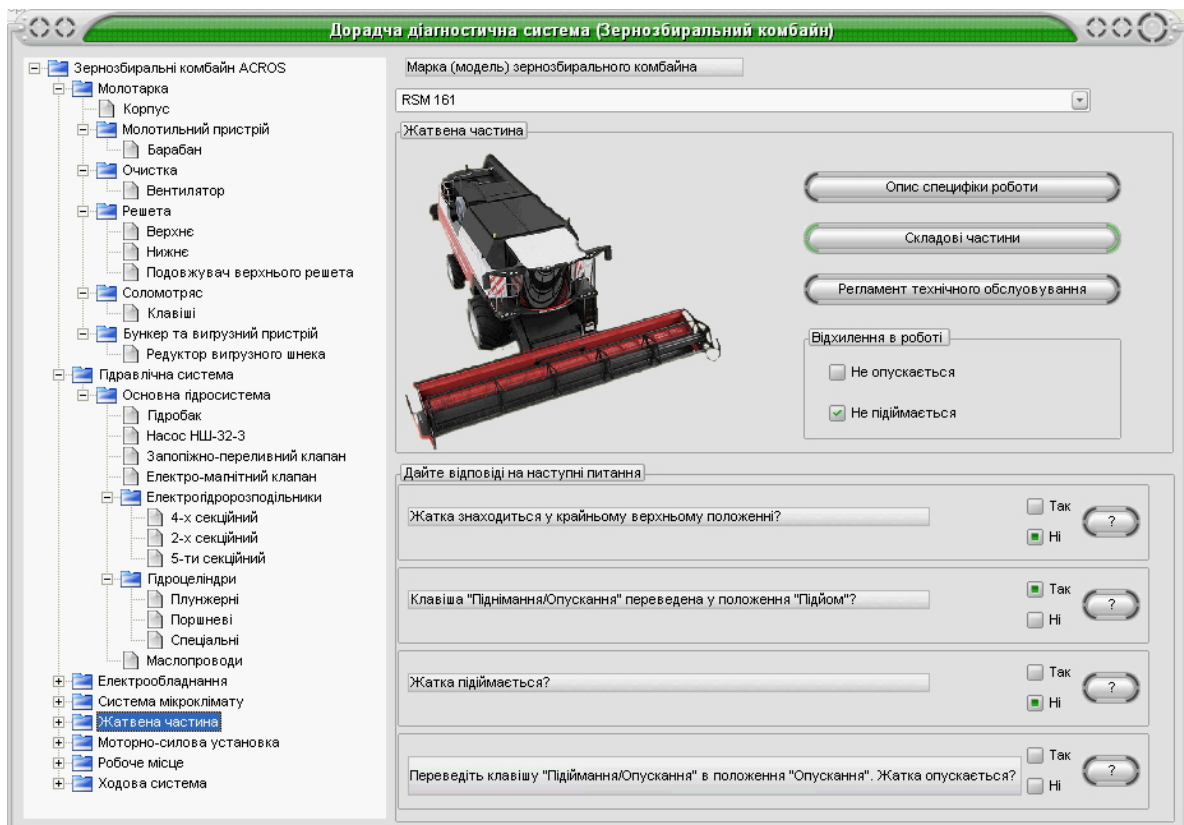


Рис. 3. Загальний вид вікна дорадчої діагностичної системи.

На кафедрі технічного сервісу і інженерного менеджменту ім. М. П. Момотенка НУБіП України за даною методикою розроблена та вдосконалюється дорадча інтелектуальна система (рис. 3) у вигляді комп'ютерної програми.

Мова програмування дорадчої системи – Delphi 7, а база даних Firebird 2,5. Дана програма має наступний функціонал:

- опис конструкції зернозбиральних комбайнів;
- попереднє налаштування робочих органів комбайна;
- корегування технологічних регулювань та пошук неполадок в агрегатах і системах.

Це дає змогу даній системі виступати радником отриманих результатів і дозволяє надати кваліфіковану допомогу при експлуатації, а головне діагностуванні неполадок. Дана дорадча система може працювати у двох режимах набуття знань і вирішення задач. В режимі набуття знань інженер разом з майстром-діагностом формують базу знань, додаючи в базу знань можливі неполадки і причини, які їх викликають, та вагомість кожної причини. В режимі вирішення задач з дорадчою системою спілкується користувач, вибираючи потрібну комбайн та систему, підсистему і відповідаючи на підказки дорадчої системо має змогу виявити неполадку та отримати рекомендації щодо її вирішення.

Висновки

1. Приведені в статті матеріали є частиною бази знань дорадчої системи, яка містить інформацію про відмови зернозбиральних комбайнів за зовнішніми ознаками, причини виникнення неполадок і рекомендації щодо їх усунення, стали основою дорадчої діагностичної системи.

2. Використання розробленої інтелектуальної дорадчої системи дозволить керувати технічним станом машини і дає змогу позбутися необхідності евристичного обробітку великих обсягів інформації та аналізу складних взаємозалежних процесів. Це знижує вимоги до кваліфікації оператора, щодо рівня застосування технічних засобів діагностування.

Список літератури

1. Ключев В. В. Технические средства диагностирования : справочник / В. В. Ключев, П. П. Пархоменко, В. А. Абрамчук и др. // Под общ. ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
2. Алексеева Т. В. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т. В. Алексеева, В. Д. Бабанская, Т. М. Башта и др. // Под общ. ред. Т. М. Башты. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
3. Липкович Э. И. Некоторые проблемы автоматизации мобильной техники / Э. И. Липкович // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – №1. – С. 17–23.

4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман // Учеб. пособие для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М., Высшая школа, 1977. – 479 с.
5. Надежность и эффективность в технике : справочник. В 10 т. / Ред. совет: В. С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1987. – (В пер.). Т. 9. Техническая диагностика // Под общ. ред. В. В. Клюева, П. П. Пархоменко. – 352 с.
6. Димитров В. П. Гидрооборудование модельного ряда продукции ОАО «Ростсельмаш». Дон-1500Б, Дон-680, СК-5М-1 «Нива». Состав, техническое обслуживание и диагностика неисправностей / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, Е. В. Димитров, К. Л. Хубиян // БелРусь, Ростов н/Д, 2003. – 804 с.

References

1. Klyuev, V. V., Parkhomenko, P. P., Abramchuk, V. A. (1989). Tekhnicheskyye sredstva dyagnostirovaniya : spravochnik [Technical means of diagnostics : reference book]. M.: Mashynostroeniye, 672.
2. Alekseeva, T. V., Babanskaya, V. D., Bashta, T. M. (1989). Tekhnicheskaya dyagnostyka hydraulycheskykh pryvodov [Technical diagnostics of hydraulic actuators]. M.: Mashynostroeniye, 264.
3. Lypkovych, E. Y. (2008). Nekotorye problemi avtomatyzatsyy mobil'noy tekhniky [Some problems of automation of mobile equipment]. Tractors and agricultural machines, 1, 17–23.
4. Hmurman, V. E. (1977). Teoryya veroyatnostey y matematycheskaya statystyka [Theory and mathematical statistics probability]. Ucheb. posobyie dlya vtuzov. Yzd. 5-e, pererab. y dop. M., Visshaya shkola, 479.
5. Nadezhnost' y effektivnost' v tekhnike : spravochnik. V 10 t. [Reliability and efficiency in engineering : handbook] (1987). M.: Mashynostroeniye, (V per.), T. 9, Tekhnicheskaya dyagnostyka, 352.
6. Dymytrov, V. P., Borysova, L. V., Dymytrov, E. V., Khubyyan, K. L. (2003). Hydrooborudovanye model'noho ryada produktsyyi ОАО «Rost-sel'mash». Don-1500B, Don-680, SK-5M-1 «Nyva». Sostav, tekhnicheskoye obsluzhyvaniye y dyagnostyka neyspravnostey [Hydraulic equipment range of products of JSC "Rostselmash". Don-1500B, don-680, SK-5M-1 "Niva". Composition, maintenance and fault diagnosis]. BelRus', Rostov n/D, 804.

ПОСТРОЕНИЕ СОВЕЩАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ

А. В. Надточий, Л. Л. Титова

Аннотация. Приведена методика построения консультационной системы на основе элементов базы знаний диагностирования зерноуборочных комбайнов, которая базируется на внешних признаках и содержит информацию об отказах гидравлической системы зерноуборочных комбайнов, их причины и методы устранения.

Эксплуатация комбайна обеспечивается оператором – комбайнером, который обычно обладает лишь поверхностными знаниями о конструкции, устройства и технологического

процесса работы машины и еще более ограниченными знаниями и навыками управления техническим состоянием (как известно, нехватка и низкий уровень квалификации кадров – одна из острейших проблем сельскохозяйственного производства). Это приводит к тому, что зачастую оператор не в состоянии не только качественно и своевременно провести техническое обслуживание и заявочный ремонт, но даже грамотно описать внешние проявления отказа и сообщить их мастеру-диагносту верно ввести их в совещательную систему. Поэтому общение оператора и мастера-диагноста может напоминать диалог врача с больным: оператор перечисляет «жалобы» на машину, а диагност задает уточняющие вопросы с целью определения внешних признаков неисправности и набора необходимых сведений для дальнейшего диагностирования. Данной указанной выше ситуации можно дать рациональное объяснение. Увеличение сложности современных технических и человеко-машинных систем (например, система «оператор – комбайн») привело к тому, что их «поведение» аналогична поведению живых организмов: в ней (системе) трудно разобраться и выявить причинно-следственные связи без глубоких знаний о ее строении и организацию всех процессов. Неподготовленный человек может заметить только отклонения (или нарушения) в поведении при условии, что у него сформировано субъективное представление о поведении.

Ключевые слова: *диагностика, отказ, база знаний, совещательная система, гидравлическая система*

DELIBERATIVE SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF COMBINE HARVESTERS ON BASIS OF KNOWLEDGE BASE

O. V. Nadtochiy, L. L. Titova

Abstract. *Given a method of constructing a consultation system based on the elements of knowledge base diagnostics of combine harvesters, which is based on appearance characteristics and contains information about the failure of the hydraulic system of combine harvesters, their causes and methods of elimination.*

Operation of the harvester operator – combiner, which typically has only a superficial knowledge of design, device and technological process of machine work and even more limited knowledge and management skills technical condition (as you know, scarcity and low level of skills is one of the major problems in agricultural production). This leads to the fact that often the operator is unable not only efficiently and in a timely manner to carry out maintenance and repair application, but even competent to describe symptoms of rejection and report them to the master diagnostician is to correctly enter them in a deliberative system.

Therefore, the communication between the operator and the master diagnostician can recall dialogue of doctor with the patient: operator lists "complaints" on machine, and diagnostician asks clarifying questions to determine external signs of faults and a set of required information for further diagnosis. Given the above situation, you can give a rational explanation. The increasing complexity of modern technical and man-machine systems (e.g., system operator – harvester") has led to the fact that their "behavior" is similar to the behavior of living organisms: it (the system) is difficult to understand and identify causal relationships without deep knowledge about its structure and organization of all processes. Untrained people might notice only the deviations (or disorders) in behavior on condition that he formed a subjective view about behavior.

Keywords: diagnostics, failure, knowledge base, deliberative system, hydraulic system

УДК 635.82; 631.333.92

УТЁТ СИЛ СУХОГО ТРЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ И АНАЛИЗЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВИБРАТОРА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА СУБРЕЗОНАНСНЫХ РЕЖИМАХ

**Ю. В. Човнюк, И. Н. Сивак, кандидаты технических наук
Национальный университет биоресурсов и
природопользования Украины**

**В. Т. Кравчук, кандидат технических наук
Киевский национальный университет строительства
и архитектуры
e-mail: sivakim@ukr.net**

Аннотация. Предложен корректный подход для учёта сил сухого трения при моделировании и анализе вынужденных колебаний вибратора для поверхностного уплотнения бетонных смесей на субрезонансных режимах. Обычно под динамической нелинейностью понимается такая нелинейность, которая проявляется только при движении.

К вибросистемам с динамической нелинейностью относятся колебательные системы большинства машин виброционного действия, применяемых в строительстве, у которых силы неупругого сопротивления (деформирование) изменяются непропорционально скорости в первой степени (в т.ч.

© Ю. В. Човнюк, И. Н. Сивак, В. Т. Кравчук, 2016