

DIAGNOSTYKA LOGICZNA W OCENIE STANU TECHNICZNEGO NOWOCZESNYCH CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH

Piotr Rybacki, Czesław Rzeźnik, Karol Durczak
Instytut Inżynierii Biosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Precyzyjne określenie stanu technicznego maszyn rolniczych wpływa na jakość obsługi technicznej oraz jej koszty. Diagnostyka klasyczna oparta jedynie na zaobserwowanych zjawiskach lub wykonanych pomiarach obciążona jest dużym błędem. W pracy przedstawiono metodę diagnozowania opartą na logicznej analizie symptomów i uszkodzeń, z wykorzystaniem wiedzy technicznej. Weryfikacji metody dokonano diagnozując podnośnik hydrauliczny ciągnika rolniczego, w którym zaobserwowano, iż nie utrzymuje on założonej wysokości podnoszenia. Przedstawiona metoda ma charakter uniwersalny i może być wykorzystywana do diagnostyki innych zespołów, wymaga jednak technicznej wiedzy o możliwych niesprawnościach oraz wywoływanych symptomach.

Słowa kluczowe: ciągnik rolniczy, podnośnik hydrauliczny, diagnostyka, niezawodność

Wprowadzenie

Maszyny rolnicze podczas eksploatacji ulegają fizycznemu starzeniu na skutek zużycia się ich części, spowodowanego procesami: tarcia, korozji, zmęczenia materiału itp. Zużywanie się części zmienia charakterystyki eksploatacyjne maszyn, ich sprawność oraz zmniejsza niezawodność (Rybacki i in., 2010; Rybacki, 2011; Rzeźnik, 2008; Szczepaniak, 2010; Tomczyk, 2007; 2009).

Na ogół nie ma możliwości dokładnego ustalenia ilościowego wpływu poszczególnych czynników. Zatem należy założyć, że w podobnych warunkach pracy, w takim samym okresie użytkowania maszyny, procesy starzenia mogą mieć różny przebieg (Tomczyk, 2005; 2008). Wynika stąd konieczność przeprowadzania okresowych profilaktycznych kontroli stanu maszyn, umożliwiających z dużym prawdopodobieństwem ustalenie terminu i zakresu wykonania obsługi technicznej (Plizga, 2008).

Problematyką badania i oceny stanu technicznego maszyn zajmuje się diagnostyka, w zakresie której realizowany jest proces diagnozowania. Do zadań procesu diagnozowania należy zaliczyć: osłuchiwanie oraz oględziny zewnętrzne, kontrola i analiza param-

trów pracy, pomiary i oględziny części podczas przeglądów lub napraw, badania, identyfikacja i klasyfikacja uszkodzeń oraz ich symptomów oraz opracowanie metod i środków do badania i selekcji symptomów. Celem diagnozowania jest również wypracowanie decyzji diagnostycznych o stanie maszyny (Plizga, 2008; Rzeźnik i in., 2003; Żółtowski i in. 2004).

Z analiz literaturowych wynika, że diagnostyczna ocena stanu maszyn była realizowana w różnym zakresie, od początku istnienia urządzeń technicznych. Na każdym etapie rozwoju techniki stosowana była diagnostyka na miarę możliwości danego okresu. Rozwój technik pomiarowych, a w szczególności rozwój zastosowań elektroniki, w zdecydowany sposób rozszerzyły możliwości wprowadzenia coraz doskonalszych i efektywniejszych pośrednich metod oceny stanu technicznego maszyn.

Pośrednie metody diagnozowania charakteryzują się jednak dużą subiektywnością, dlatego poszukuje się naukowych, bezpośrednich metod oceny stanu technicznego.

Cel pracy

Celem pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystania diagnostyki logicznej w ocenie stanu technicznego zespołów ciągników rolniczych na przykładzie podnośnika hydraulicznego z zaobserwowanym symptomem, objawiającym się tym, że podnośnik hydrauliczny nie utrzymuje założonej wysokości podnoszenia.

Metodyka realizacji pracy, wyniki, dyskusja

Ideą diagnostyki ogólnej jest stawianie diagnozy jedynie na podstawie zarejestrowanej liczby mierzalnych zjawisk. Okazuje się jednak, że w celu zwiększenia efektywności, wiarygodności i szybkości stawiania diagnozy warto w procesie diagnostyki uwzględnić wiedzę techniczną dotyczącą obserwowanego systemu (maszyny). Diagnostyka logiczna opiera się przede wszystkim na logicznej analizie pojawiających się symptomów towarzyszących różnym uszkodzeniom. Pozwala ona wykorzystać pewne relacje zachodzące między kombinacją obserwowanych symptomów, a pojawiającymi się uszkodzeniami. Wiedza techniczna, jak również bieżący stan systemu, na który składa się zbiór zachodzących symptomów towarzyszący zbiorowi uszkodzeń, opisywane są przy pomocy prostych zdań logicznych. Wykorzystując wiedzę techniczną można między innymi wyeliminować część niemożliwych do zaistnienia kombinacji symptomów i uszkodzeń.

Wykorzystanie metod diagnostyki logicznej wymaga uporządkowania podstawowych danych:

- x, y, \dots – oznaczenia cech (symptomów/uszkodzeń),
- X, Y, \dots – charakterystyka cech x, y, \dots , np. w systemie występuje cecha $y \equiv Y$,
- \bar{X}, \bar{Y}, \dots – w systemie nie występują cechy x, y, \dots ,
- $XY = X \cap Y$ – w systemie występują cechy x oraz y ,
- $X + Y = X \cup Y$ – w systemie występuje przynajmniej jedna z cech x lub y ,
- $X \rightarrow Y$ – jeżeli w systemie występuje cecha x , to występuje cecha y ,
- $S(i)$ – w systemie występuje i -ty symptom,
- $U(j)$ – w systemie występuje j -te uszkodzenie.

Na podstawie powyższych oznaczeń i po określeniu zbiorów n symptomów oraz m uszkodzeń dla obserwowanego systemu, w diagnostyce logicznej konstruuje się funkcje bullowskie:

- wiedzy technicznej $E[S(1), S(2), \dots, S(n), U(1), U(2), \dots, U(m)]$,
- symptomów $G[S(1), S(2), \dots, S(n)]$,
- niesprawności $f[U(1), U(2), \dots, U(m)]$.

W czasie użytkowania ciągnika mogą wystąpić usterki powodowane zużyciem się części podnośnika, rozregulowaniem zespołów lub nieprawidłową obsługą. Do najczęściej pojawiających się symptomów należą:

- $S(1)$ – podnośnik hydrauliczny nie utrzymuje założonej wysokości,
- $S(2)$ – olej pieni się i jest wyrzucany przez odpowietrznik,
- $S(3)$ – hałaśliwa praca pompy hydraulicznej,
- $S(4)$ – olej przegrzewa się w czasie pracy (temperatura osiąga 80-120°C powyżej temperatury otoczenia),
- $S(5)$ – brak stałego dociążenia lub wartość dociążenia nie zmienia się przy przesuwaniu dźwigni szybkość reakcji.

Powyższe symptomy mogą towarzyszyć następującym uszkodzeniom:

- $U(1)$ – zużyte tłokowe pierścienie uszczelniające,
- $U(2)$ – nieszczelny zawór bezpieczeństwa cylindra,
- $U(3)$ – zużyte suwaki lub korpus rozdzielacza,
- $U(4)$ – zbyt niski poziom oleju hydraulicznego,
- $U(5)$ – nieszczelność w przewodzie ssącym pompy,
- $U(6)$ – zanieczyszczony kosz ssący,
- $U(7)$ – zanieczyszczony filtr oleju i zawór przeciążeniowy,
- $U(8)$ – wgniecenia lub załamania przewodów olejowych,
- $U(9)$ – unieruchomiony tłoczek zaworu dociążenia,
- $U(10)$ – unieruchomiony tłoczek urządzenia rozdzielczego w rozdzielaczu.

Wiedza techniczna dotycząca użytkowania podnośnika hydraulicznego ciągnika rolniczego pozwala na sformułowanie następujących stwierdzeń:

- jeżeli nastąpiło zużycie tłokowych pierścieni uszczelniających $U(1)$ lub wystąpiła nieszczelność zaworu bezpieczeństwa cylindra $U(2)$ lub nastąpiło zużycie suwaków i korpusu rozdzielacza $U(3)$, to podnośnik hydrauliczny podnosi, lecz po chwili opada $S(1)$;
- jeżeli nastąpiło zużycie suwaków lub korpusu rozdzielacza $U(3)$, to występuje brak stałego dociążenia lub wielkość dociążenia nie zmienia się przy przesuwaniu dźwigni szybkości reakcji $S(5)$;
- jeżeli w układzie jest zbyt niski poziom oleju $U(4)$ lub występuje nieszczelność w przewodzie ssącym pompy $U(5)$, to pieni się on i jest wyrzucany przez odpowietrznik zbiornika $S(2)$;
- jeżeli kosz ssący jest zanieczyszczony $U(6)$, to pompa hydrauliczna pracuje hałaśliwie $S(3)$;
- jeżeli zanieczyszczony jest filtr oleju i zawór przeciążeniowy $U(7)$ lub występują wgniecenia i załamania przewodów olejowych $U(8)$, to olej przegrzewa się w czasie pracy $S(4)$;

- jeżeli nastąpiło unieruchomienie tłoczka zaworu dociażania $U(9)$ lub nastąpiło unieruchomienie tłoczka rozdzielacza $U(10)$, to występuje brak dociażania lub jego wielkość nie zmienia się przy przestawieniu dźwigni szybkości reakcji $S(5)$;
- jeżeli wystąpił co najmniej jeden z symptomów $S(1), S(2), S(3), S(4), S(5)$, to doszło do co najmniej jednego uszkodzenia $U(1), U(2), U(3), U(4), U(5), U(6), U(7), U(8), U(9), U(10)$.

Na podstawie powyższej wiedzy technicznej wyrażanej językiem naturalnym można skonstruować bullowską funkcję wiedzy technicznej będącej iloczynem poszczególnych zadań logicznych reprezentujących podane stwierdzenia, równanie (1):

$$\begin{aligned} E[S(1), S(2), S(3), S(4), S(5), U(1), U(2), U(3), U(4), U(5), U(6), U(7), U(8), U(9), U(10)] &\equiv \\ \equiv E = [U(1) + U(2) + U(3) \rightarrow S(1)][U(4) + U(3) \rightarrow S(2)][U(6) \rightarrow S(3)][U(7) + U(8) \rightarrow S(4)] & \quad (1) \\ [U(9) + U(10) \rightarrow S(5)][U(1) + U(2) + U(3) + U(4) + U(5) + U(6) + U(7) + U(8) + U(9) + & \\ + U(10) \rightarrow S(1) + S(2) + S(3) + S(4) + S(5)] & \end{aligned}$$

Analizę stanu technicznego i określenie niesprawności przeprowadzono dla symptomu objawiającego się tym, że w analizowanym układzie podnośnik hydrauliczny podnosi, lecz nie utrzymuje założonej wysokości. Bullowską funkcję symptomów przedstawia równanie (2):

$$G[S(1), S(2), S(3), S(4), S(5)] \equiv G = S(1)\bar{S}(2)\bar{S}(3)\bar{S}(4)\bar{S}(5), \quad (2)$$

W podobny sposób uzyskuje się bullowską funkcję niesprawności, równanie (3):

$$\begin{aligned} f[U(1), U(2), U(3), U(4), U(5), U(6), U(7), U(8), U(9), U(10)] &\equiv f = & \quad (3) \\ = U(1)U(2)U(3)\bar{U}(4)\bar{U}(5)\bar{U}(6)\bar{U}(7)\bar{U}(8)\bar{U}(9)\bar{U}(10) & \end{aligned}$$

W rzeczywistości, z punktu widzenia diagnostyki logicznej, bullowską funkcję niesprawności f uzyskuje się na podstawie wiedzy technicznej E oraz stanu systemu wyznaczonego przez zaobserwowane symptomy G . Aby wyznaczyć funkcję niesprawności f należy rozwiązać układ dwóch równań bullowskich, równanie (4):

$$\begin{cases} G=1 \\ E=1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} S(1)\bar{S}(2)\bar{S}(3)\bar{S}(4)\bar{S}(5)=1 \\ [U(1) + U(2) + U(3) \rightarrow S(1)][U(3) \rightarrow S(5)][U(4) + U(5) \rightarrow S(2)][U(6) \rightarrow S(3)] \\ [U(7) + U(8) \rightarrow S(4)][U(9) + U(10) \rightarrow S(5)][U(1) + U(2) + U(3) + U(4) + U(5) + \\ + U(6) + U(7) + U(8) + U(9) + U(10) \rightarrow S(1) + S(2) + S(3) + S(4) + S(5)]=1 \end{cases} \quad (4)$$

z pierwszego równania wyznaczono:

$$S(1)=1 \text{ oraz } \bar{S}(2)=1 \Leftrightarrow S(2)=0; \bar{S}(3)=1 \Leftrightarrow S(3)=0; \bar{S}(4)=1 \Leftrightarrow S(4)=0; \bar{S}(5)=1 \Leftrightarrow S(5)=0 \quad (5)$$

i podstawiono do drugiego równania, w którym wyznaczono, że:

$$\begin{array}{l}
 \left\{ \begin{array}{l}
 U(1)+U(2)+U(3) \rightarrow S(1)=1 \\
 U(3) \rightarrow S(5)=1 \\
 U(4)+U(5) \rightarrow S(2)=1 \\
 U(6) \rightarrow S(3)=1 \\
 U(7)+U(8) \rightarrow S(4)=1 \\
 U(9)+U(10) \rightarrow S(5)=1 \\
 U(1)+U(2)+U(3)+U(4)+U(5)+U(6)+U(7)+U(8)+U(9)+U(10) \rightarrow S(1)+S(2)+S(3)+S(4)+S(5)=1
 \end{array} \right. \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l}
 U(1)+U(2)+U(3) \rightarrow 1=1 \\
 U(3) \rightarrow 0=1 \\
 U(4)+U(5) \rightarrow 0=1 \\
 U(6) \rightarrow 0=1 \\
 U(7)+U(8) \rightarrow 0=1 \\
 U(9)+U(10) \rightarrow 0=1 \\
 U(1)+U(2)+U(3)+U(4)+U(5)+U(6)+U(7)+U(8)+U(9)+U(10) \rightarrow 1+0+0+0+0=1
 \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l}
 U(1)=1 \vee U(2)=0 \\
 U(3)=0 \\
 U(4)=0 \vee U(5)=0 \\
 U(6)=0 \\
 U(7)=0 \vee U(8)=0 \\
 U(9)=0 \vee U(10)=0 \\
 U(1)=0 \vee U(2)=1
 \end{array} \right. \quad (6)
 \end{array}$$

Zatem funkcja niesprawności ma postać, (równanie 7):

$$f = U(1)U(2)\bar{U}(3)\bar{U}(4)\bar{U}(5)\bar{U}(6)\bar{U}(7)\bar{U}(8)\bar{U}(9)\bar{U}(10), \quad (7)$$

co oznacza, że jedynie na podstawie wiedzy technicznej, jak i zaobserwowanych symptomów można stwierdzić w jakim stanie technicznym znajduje się podnośnik hydrauliczny ciągnika rolniczego. Występują w tym równaniu jednak dwa uszkodzenia ($U(1)$, $U(2)$), co wymaga doprecyzowania diagnozy. Uszczegółowić diagnozę pozwoli tzw. zredukowana baza logiczna.

Bazę logiczną stanowią wszystkie możliwe kombinacje symptomów oraz uszkodzeń wyznaczających jednoznacznie stany, w których może znajdować się podnośnik hydrauliczny. W analizowanym przykładzie, przy pięciu symptomach oraz dziesięciu uszkodzeniach, podnośnik może znajdować się w jednym z $2^{5+10}=2^{15}=32768$ stanach. Bazę logiczną można rozpatrywać łącznie lub oddzielnie dla poszczególnych uszkodzeń i symptomów, po przyjęciu założeń:

- w i -tym wierszu bazy znajduje się i -ta cecha systemu,
- baza składa się z 2^k kolumn, gdzie k oznacza liczbę cech wpisanych do bazy,
- każdy i -ty wiersz bazy należy wypełnić poprzez wypisanie na przemian 2^{i-1} zer oraz 2^{i-1} jedynek (wypełniając wszystkie kolumny).

Przedstawiony sposób wypełniania bazy pozwoli w prosty sposób utożsamić zapis C^i bądź C_j z zestawem odpowiednich cech, gdzie i, j w zapisie dwójkowym wyznaczać będzie wartość każdej cechy.

Uwzględnienie wiedzy technicznej w skonstruowanej bazie logicznej pozwala ją zredukować, przez wyeliminowanie kombinacji wartości niemożliwych do uzyskania w rzeczywistości. Zatem dla $U(1)+U(2)+U(3) \rightarrow S(1)$ można stwierdzić, że jeżeli w systemie występuje uszkodzenie $U(1)$ lub $U(2)$ lub $U(3)$, to zachodzi symptom $S(1)$ i nie możliwe jest tym samym, aby ten symptom nie zachodził, co pozwala na wyeliminowanie części kolumn z bazy logicznej. Wykonując analogiczną analizę dla każdego czynnika funkcji wiedzy technicznej można wyeliminować wszystkie zbędne kolumny.

W analizowanym przykładzie, gdy podnośnik hydrauliczny ciągnika podnosi, lecz nie utrzymuje założonej wysokości, to mamy $G = S(1)\bar{S}(2)\bar{S}(3)\bar{S}(4)\bar{S}(5)$, a funkcja niesprawności wyznaczona na podstawie zredukowanej bazy logicznej przyjmuje postać $f = C_1 + C_2 + C_3$, co oznacza, że w zaistniałej sytuacji nie można jednoznacznie stwierdzić, który zestaw niesprawności wystąpił w podnośniku hydraulicznym. Rozwiązać ten problem można stosując rachunek prawdopodobieństwa i wzór Bayesa.

W najprostszym przypadku wzór Bayesa pozwoli odpowiedzieć na pytanie, który zestaw niesprawności jest najbardziej prawdopodobny pod warunkiem wystąpienia określonej kombinacji symptomów, (równanie 8):

$$P\left(\frac{C_j}{C^i}\right) = \frac{P(C_j)P(C^i/C_j)}{\sum_{i,j=0}^{2^m-1} P(C_j)P(C^i/C_j)}, \quad (8)$$

gdzie:

$P(C_j)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia w systemie kombinacji uszkodzeń C_j ,

$P(C^i/C_j)$ – prawdopodobieństwo pojawienia się w systemie kombinacji symptomów C^i towarzyszących kombinacji uszkodzeń C_j (wyznaczone na podstawie obserwacji systemu podczas jego eksploatacji).

Okazuje się, że powyższy wzór Bayesa można uogólnić na dowolną funkcję niesprawności f oraz funkcję symptomów G , (równanie 9):

$$P\left(\frac{f}{G}\right) = \frac{\sum_{i \in G} \sum_{i \in f} P(C_j)P(C^i/C_j)}{\sum_{i,j \in G} \sum_{i,j=0}^{2^m-1} P(C_j)P(C^i/C_j)}, \quad (9)$$

Aby wykorzystać powyższe wzory w praktyce pozostaje jedynie określić potrzebne prawdopodobieństwa. W tym celu przeprowadzono badania 106 ciągników jednego producenta, tej samej mocy, obsługiwanych w autoryzowanym zakładzie serwisowym, w których w 45 nastąpiło awaryjne uszkodzenie podnośnika hydraulicznego, tabela 1.

Tabela 1
Prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzeń podnośnika hydraulicznego ciągnika rolniczego
 Table 1
Probability of damage to the agricultural tractor hydraulic jack

Liczba poszczególnych uszkodzeń podnośnika $U(i)$		U(1)	U(2)	U(3)	U(4)	U(5)	U(6)	U(7)	U(8)	U(9)	U(10)
		13	7	10	0	8	0	3	4	0	0
Liczba symptomów $S(i)$ dla poszczególnych uszkodzeń podnośnika $U(i)$	S(1)	11	6	9	0	7	0	2	3	0	0
	S(2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S(3)	10	6	9	0	7	0	2	2	0	0
	S(4)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	S(5)	10	5	4	0	6	0	2	3	0	0
Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia $U(i)$ podnośnika ciągnika rolniczego $P[U(i)]$		0,12	0,07	0,09	0,00	0,08	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00
Prawdopodobieństwo wystąpienia symptomu $S(i)$ towarzyszącemu uszkodzeniu $U(i)$	S(1)	0,85	0,86	0,90	0,00	0,88	0,00	0,67	0,75	0,00	0,00
	S(2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	S(3)	0,77	0,86	0,90	0,00	0,88	0,00	0,67	0,50	0,00	0,00
	S(4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,25	0,00	0,00
	S(5)	0,77	0,71	0,40	0,00	0,75	0,00	0,67	0,75	0,00	0,00

Jak widać w tabeli 1 prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia $P[U(1)]$ wynosi 0,12, a prawdopodobieństwo uszkodzenia $P[U(2)]$ wynosi 0,07, w związku z czym:

$$P(C_0) = P[\bar{U}(1)\bar{U}(2)] = P[\bar{U}(1)]P[\bar{U}(2)] = 0,88 \cdot 0,93 = 0,818$$

$$P(C_1) = P[U(1)\bar{U}(2)] = P[U(1)]P[\bar{U}(2)] = 0,12 \cdot 0,93 = 0,112 \quad (10)$$

$$P(C_2) = P[\bar{U}(1)U(2)] = P[\bar{U}(1)]P[U(2)] = 0,88 \cdot 0,07 = 0,062$$

$$P(C_3) = P[U(1)U(2)] = P[U(1)]P[U(2)] = 0,12 \cdot 0,07 = 0,008$$

Z powyższych obliczeń wynika, że najbardziej prawdopodobne (81,8%) jest wystąpienie kombinacji C_0 , czyli brak niesprawności. Z 11,2% prawdopodobieństwem może wystąpić C_1 , a z 6,2% prawdopodobieństwem może wystąpić C_2 .

Jak widać z poniższych obliczeń, okazuje się, że w diagnozowanym układzie, gdy podnośnik hydrauliczny podnosi, lecz nie utrzymuje założonej wysokości, to najbardziej prawdopodobną sytuacją jest zużycie tłokowych pierścieni uszczelniających.

$$P\left(\frac{C_1}{C_1}\right) = 0,715, \quad P\left(\frac{C_1}{C_1}\right) = 0,241, \quad P\left(\frac{C_3}{C_1}\right) = 0,044, \quad (11)$$

Podsumowanie

Przeprowadzone badania oraz analiza wyników pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. W diagnozowanym w pracy podnośniku hydraulicznym, ściśle określonego typu ciągnika, w którym nie utrzymywał on założonej wysokości, z dużym prawdopodobieństwem (71,5%) można stwierdzić, że zużyciu uległy tłokowe pierścienie uszczelniające.
2. Zaproponowana w pracy metoda diagnozowania zespołów maszyn rolniczych wykorzystująca równania logiczne, wiedzę techniczną oraz empiryczne badania niezawodności pozwala na szybką ocenę stanu technicznego i precyzyjne określenie powodów niesprawności.
3. Przedstawiona metoda ma charakter uniwersalny i może być wykorzystywana do diagnostyki innych zespołów, wymaga jednak technicznej wiedzy o możliwych niesprawnościach oraz wywoływanych przez nie symptomach.

Literatura

- Plizga, K. (2008). Diagnostyka wyposażenia elektrycznego pojazdów rolniczych. *Motrol. 10*, 110-121.
- Rybacki, P.; Durczak, K. (2010). *Wyniki badań uszkodzeń awaryjnych nowoczesnych ciągników rolniczych*. Materiały konferencyjne. XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowa. Inżynieria Rolnicza a Środowisko. 21-23 czerwca 2010. Szczecin.
- Rybacki, P. (2011). Badania jakości serwisu technicznego maszyn rolniczych metodą SERVQUAL. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 56(2)*. Wydawnictwo Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych, Poznań, 122-125.
- Rzeźnik, C. (2008). *Podstawy obsługi technicznej maszyn rolniczych*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, ISBN 83-7160-265-0.
- Rzeźnik, C.; Molińska, A. (2003). The problems of rationalization of diagnostic test of machines. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria. 2(2)*, 3-8.
- Szczepaniak, J. (2010). *Badanie uszkodzeń nowoczesnych ciągników rolniczych w aspekcie niezawodności*. Praca magisterska. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Maszynopis.
- Tomczyk, W. (2005). Uwarunkowania racjonalnego procesu użytkowania maszyn i urządzeń rolniczych. *Inżynieria Rolnicza, 7(67)*, 359-366.
- Tomczyk, W. (2007). Analiza warunków i sposobów przechowywania maszyn rolniczych w aspekcie ich zużycia korozyjnego. *Inżynieria Rolnicza, 7(95)*, 207-213.
- Tomczyk, W. (2008). Aspekty ekonomiczne ekologicznych procesów odnowy i eksploatacji maszyn i urządzeń. *Inżynieria Rolnicza, 9*, 305-310.
- Tomczyk, W. (2009). Obsługi techniczne w procesie odnowy i utrzymania maszyn i urządzeń rolniczych. *Inżynieria Rolnicza, 6(115)*, 301-307.
- Żółtowski, B.; Cempel, C. (2004). *Inżynieria diagnostyki maszyn*. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom, ISBN 83-7204-414-7.

LOGICAL DIAGNOSTICS IN THE ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF MODERN AGRICULTURAL TRACTORS

Abstract. Precise determination of the technical condition of agricultural machinery affects the quality of technical service and its costs. Diagnostics based only on the observed classical phenomena or measurements made is burdened with considerable error. The paper presents a method of diagnosing based on logical analysis of symptoms or damage, using technical knowledge. Verification of methods was carried out by diagnosing a hydraulic lift of an agricultural tractor, when it was observed that it does not maintain predetermined heights. The presented method is universal and can be used for diagnostics of other units, however, it requires technical knowledge on the possible inefficiencies and the symptoms caused.

Key words: agricultural tractor, hydraulic jack, diagnosis, reliability

Adres do korespondencji:

Piotr Rybacki; e-mail: prybacki@up.poznan.pl
Instytut Inżynierii Biosystemów
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 50
60-637 Poznań