

**POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ  
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING**

6(3)/2015, 13-22

Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

---

Maciej KOTYK, Sebastian JÓŹWIAK, Paweł MAĆKOWIAK

**PROJEKT PROGRAMU EKSPERTOWEGO  
DO KRÓTKOOKRESOWYCH PRZEGLĄDÓW  
DIAGNOSTYCZNYCH POJAZDÓW SILNIKOWYCH**

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono propozycję kolejnego narzędzia dla diagnostów w postaci programu ekspertowego pomagającego zachować chronologię wykonywanych działań, jak również podpowiadającego określone rozwiązania w przypadku stwierdzenia niesprawności elementów diagnozowanego układu. Oprogramowanie jest podatne na dalsze modyfikacje wykonywane przez użytkownika zgodnie z jego zapotrzebowaniem wynikającym z środowiska pracy.

**Słowa kluczowe:** diagnostyka, układ hamulcowy, oprogramowanie, inżynieria mechaniczna

## 1. WSTĘP

Pojazdy samochodowe odgrywają ważną rolę w życiu codziennym. W głównej mierze są wykorzystywane do transportu towarów i ludzi. Ich niezaprzeczalną zaletą jest możliwość relatywnie szybkiego dotarcia do celu nawet w trudnych warunkach. Wadą natomiast jest zawodność i skłonność do uszkodzeń. Ze względu na to pojazd samochodowy należy poddawać kontroli diagnostycznej i spełniać warunki użytkowania zalecane przez producenta tak, aby jego uszkodzenia nie występowały w sposób niekontrolowany lub katastrofalny. Podstawą do posiadania wiedzy określającej jednoznacznie zdolność pojazdu do wykonywania powierzonych zadań jest informacja dotycząca tak zwanego stanu technicznego. Wieloaspektowość procesu diagnostycznego, nadmierna liczba informacji dostarczanych za pomocą czytników kodów uszkodzeń lub w sposób organoleptyczny, może powodować wyciągnięcie nieprawdziwych wniosków, czyli niepoprawną diagnozę. Dzieje się tak najczęściej, gdy weryfikacja stanu technicznego jest wykonywana przez osoby z niepełnym stanem wiedzy ogólnej lub ograniczonymi informacjami dotyczącymi konkretnego, czasami nietypowego rozwiązania znajdującego się w obszarze zainteresowań diagnosty.

Konstruktorzy pojazdów samochodowych opracowują coraz doskonalsze systemy wyposażone w elektroniczne układy tworzące sprzężenie zwrotne, co

---

mgr inż. Maciej KOTYK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: Maciej.Kotyk@utp.edu.pl

inż. Sebastian JÓŹWIAK, OSM Czarnków

mgr inż. Paweł MAĆKOWIAK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: pawel.mackowiak@utp.edu.pl

może w pewnym ograniczonym stopniu naśladować zdolność człowieka do kojarzenia ze sobą pewnych zjawisk. Pomimo iż maszyny przełamały barierę ograniczeń fizycznych człowieka, takich jak siła, szybkość wykonywania elementów, jak również precyzja, to żadne z nich nie jest w stanie rozwiązywać zaawansowanych problemów, które wymagają rozwikłania poprzez proces myślenia człowieka. Maszyna wyposażona w dobrze opracowany system komputerowy tego typu może być uznawana za eksperta w pewnym bardzo wąskim zakresie, jednak jest to jedynie proces odtwórczy nieniosący za sobą znamion kreatywności [4].

Prezentowany algorytm został zaprojektowany na potrzeby własne i na podstawie własnych doświadczeń. Przy czym należy mieć na uwadze, że programu tego nie należy traktować jako pełnowymiarowego programu ekspertowego w porównaniu z komercyjnymi odpowiednikami. Stanowi on jednak propozycję programu, którego adaptacja i modyfikacja wykonana na potrzeby indywidualnych użytkowników może wyeliminować potrzebę zatrudniania diagnostów, a praca z użyciem opisywanego oprogramowania nie umożliwi pominięcia najistotniejszych elementów, składających się na obsługę pojazdów samochodowych.

Celem projektowanego programu jest ograniczenie udziału wykwalifikowanego diagnosty podczas przeglądów krótkookresowych, a także eliminacja błędów wynikających z tak zwanego czynnika ludzkiego.

## **2. BUDOWA I RODZAJE ELEMENTARNYCH SYSTEMÓW EKSPERTOWYCH**

Systemem ekspertowym można nazywać specjalistyczne oprogramowanie komputerowe, które realizuje określone zadania z odpowiednią precyzją i dokładnością. Powinien również na podstawie wprowadzonych lub zebranych za pomocą czujników danych i sygnałów podejmować decyzję, a także wyciągać wnioski sformułowane na podstawie wcześniej opracowanej i wprowadzonej bazy wiedzy [3].

Projektowanie i wdrażanie opisywanych systemów ma na celu redukcję kosztów związanych z procesem diagnozowania, a także przyspieszenie i usprawnienie dokonywania ostatecznej weryfikacji zdolności zadaniowej pojazdów. Proces ten jest możliwy poprzez wykorzystywanie baz wiedzy wprowadzonych do programu. Ponadto systemy ekspertowe pozwalają na jednoznaczne określenie wartości granicznych, dzięki którym możliwe jest określenie, czy dany element lub układ może być dalej eksploatowany.

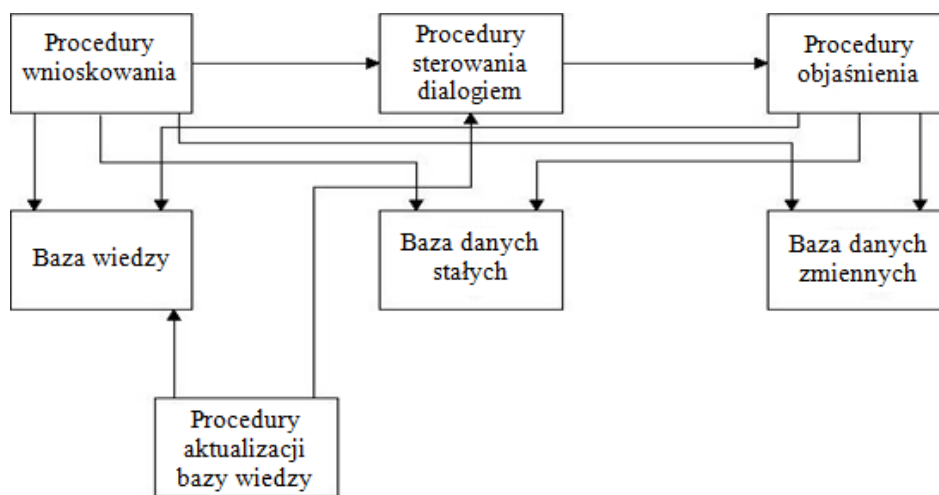
Ze względu na automatyzację pewnych procesów i możliwość opracowania sprzężenia zwrotnego w szeroko pojętych automatach wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje systemów ekspertowych [2]:

- systemy ekspertowe doradcze (*advisory*),
- systemy ekspertowe podejmujące decyzje bez udziału ludzi (*dictatorial*),
- systemy ekspertowe krytykujące (*critcizing*).

Programowanie systemów ekspertowych jest zagadnieniem związanym z tak zwaną inżynierią wiedzy, której zadaniem jest segregacja, przetwarzanie a przede wszystkim pozyskiwanie informacji dotyczących rozpatrywanego zagadnienia, a także rozwój zaplecza, tj. narzędzi i ich ergonomiczności w środowisku pracy, jak również ich optymalizacja [1].

Wybrane elementy systemu ekspertowego przedstawiono w sposób schematyczny na rysunku 1. Jego najważniejszymi elementami są [1]:

- źródło reguł (baza wiedzy zebrana na podstawie doświadczeń ekspertów),
- informacje o obiekcie (wartości krytyczne parametrów pracy),
- procedury wnioskowania (algorytmizacja),
- system objaśnień (komunikaty dla diagnosty),
- procedury sterowania dialogiem (interfejs, komunikacja z użytkownikiem),
- możliwość rozszerzenia programu o kolejne elementy bazy lub modyfikacje już istniejącej poza środowiskiem programistycznym.



Rys. 1. Podstawowe elementy budowy systemu ekspertowego [2]

Fig. 1. The essential elements of concept an expert system [2]

### 3. CELE STOSOWANIA SYSTEMÓW EKSPERTOWYCH

Systemy ekspertowe są opracowywane i programowane w celu wydawania możliwie dokładnej ekspertyzy. Jest to ich zasadnicze zadanie, dlatego też kryterium zdadności danego programu ekspertowego dotyczy szybkości dokonania diagnozy oraz jej zgodności ze stanem faktycznym. Weryfikacja takiego programu odbywa się za pomocą porównania szybkości pracy programu oraz sa-

mej diagnozy wówczas, gdy to samo zagadnienie podejmuje osoba uznawana za eksperta w danej dziedzinie. Mimo iż sposób weryfikacji wydaje się nieskomplikowany i biorąc pod uwagę, że oprogramowanie pracuje na zasadzie układu szeregowego w pętli sprzężenia zwrotnego, to odpowiedź można uzyskać po kilku sekundach, jak również po wielu godzinach, natomiast ekspert po charakterze pracy urzędnika podejmuje decyzję bez dłuższego namysłu. Należy zaznaczyć, że wraz ze wzrostem bazy wiedzy wydłuża się czas analizy poszczególnych zagadnień ze względu na złożony charakter budowy systemu [1, 2]. Pozostaje jeszcze zagadnienie trafności podejmowanej decyzji, jednak rozpatrywać można to jedynie w indywidualnym podejściu dla pojedynczego przypadku.

Kolejnym celem, dla jakiego stosuje się systemy ekspertowe, jest ich wielozadaniowość. Jest to ich zasadnicza różnica pomiędzy prostymi systemami diagnostycznymi. System ekspertowy traktuje postawione zadanie nie tylko w obrębie jednego układu, ale wszystkich układów kompleksowo, ponieważ one wzajemnie na siebie wpływają. Przykładem może być układ hamulcowy i pneumatyczny. Jeżeli ciśnienie sprężonego powietrza atmosferycznego jest niedostateczne, to siła hamowania na kołach bezsprzecznie będzie niewystarczająca do uzyskania odpowiedniej skuteczności. System ekspertowy powinien kojarzyć ze sobą te dwa wzajemnie przenikające się elementy i zdiagnozować niesprawny układ pneumatyczny.

Niezaprzeczalnie budowa, opracowywanie i programowanie jest procesem długotrwałym i kosztownym, dlatego w przypadku wąskiej dziedziny i małej powtarzalności procesu, tj. niewielkiej liczby przewidywanych obiektów poddanych analizie, zastosowanie systemu jest nieopłacalne. Celem jednolitego rozgraniczenia programów ekspertowych i określenia ich ewentualnej przydatności wprowadzono kryterium wielkościowe, tj. podziału na małe, średnie i duże [4].

#### **4. BAZA WIEDZY, NA PODSTAWIE KTÓREJ NAPISANO PROGRAM**

Budowa programu ekspertowego jest bardzo obszerna, dlatego zdecydowano ograniczyć się do jego zastosowania jedynie dla układu hamulcowego pojazdu silnikowego. Programowanie przeprowadzono za pomocą narzędzia DevC++ w wersji 4.9.9.2. Opisywany program jest środowiskiem wykorzystującym język programowania C/C++. Zaletami proponowanego rozwiązania są bardzo przyjazne, w pewnych elementach nawet intuicyjne narzędzia, z których korzystanie nie wiąże się z większymi kosztami. Edytor programu DevC++, w który wpisuje się wcześniej opracowany kod, pracuje w systemie okienkowym i funkcjonuje z użyciem podświetlenia składni, debugera, linkera i testera kodu powszechnie nazywanego kompilatorem.

Najważniejszym elementem programu ekspertowego jest baza wiedzy, na podstawie której opracowano poszczególne linijki programu, a przede wszystkim jego odpowiedzi na wymuszenia formułowane przez użytkownika. Jest to element kluczowy ze względu na to, że na podstawie wprowadzonych definicji

program będzie formułował hipotezy. Poza tym baza wiedzy określa w pewien sposób etapy podejmowania diagnozy, a co się z tym wiąże – kolejność wykonywania działań diagnostycznych. W sposób bezpośredni pomaga określeniu poprawnej diagnozy.

Opisywana propozycja programu ekspertowego dotyczy diagnozowania pojazdów samochodowych, więc ma formę zapytań i odpowiedzi na podstawie binarnych łączników TAK lub NIE. W przypadku wystąpienia negacji program wyświetla komunikaty pomagające usunąć uszkodzenie.

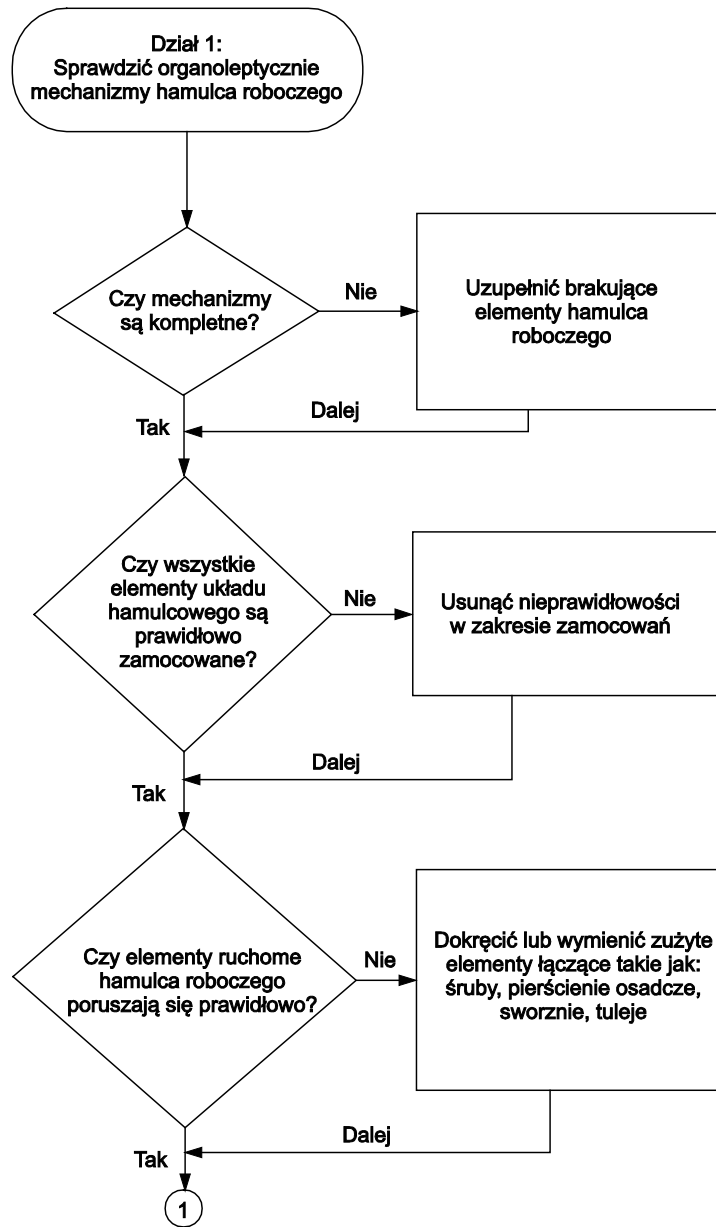
Opisywany program podzielono za pomocą schematów blokowych, ułożonych i powiązanych ze sobą, na podstawie algorytmów na 5 niezależnych części. Każda z nich dotyczy jednego z wyróżnionych układów w pojeździe samochodowym. Ze względu na obszerność materiałową i informacyjną wszystkich wyróżnionych obszarów postanowiono przedstawić funkcjonowanie programu wyłącznie na podstawie układu hamulcowego. Niemniej jednak program w pewnym zakresie pomaga dokonać diagnozy następujących układów:

- hamulcowego,
- jezdnego,
- kierowniczego,
- napędowego,
- zawieszenia.

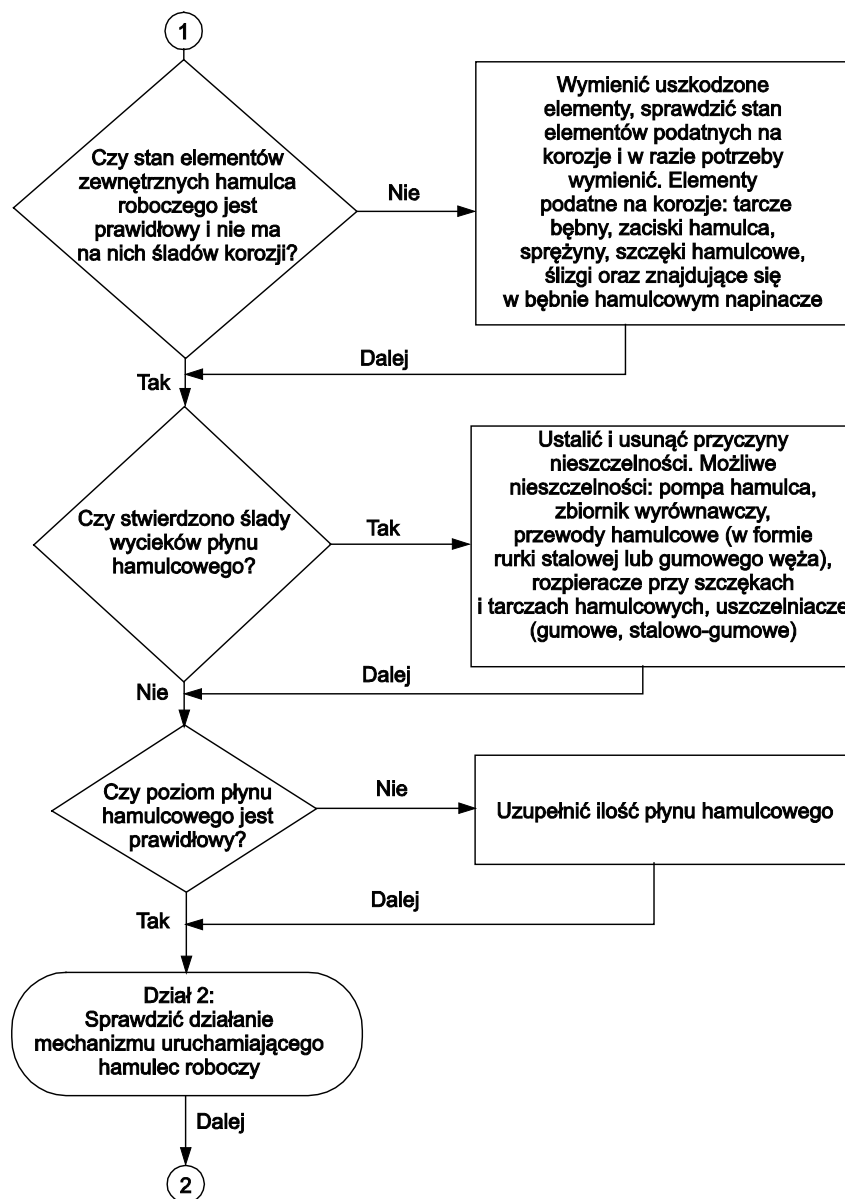
Gdy użytkownik uzyska pozytywną odpowiedź na wszystkie postawione przez program pytania, otrzyma informację o zdatności diagnozowanego układu.

Opisywany układ hamulcowy został rozpatrzony wyłącznie pod względem mechanicznym, tj. bez wspomagających układów funkcjonujących przy udziale sygnałów elektrycznych, takich jak system ABS czy ASR. Układ hamulcowy w myśl przepisów o ruchu drogowym ma przynajmniej dwa niezależnie działające od siebie układy. Mogą one mieć wspólne elementy robocze, jednak mechanizm ich uruchamiania musi być inny. To zdarzenie zostało uwzględnione podczas projektowania programu ekspertowego. Baza wiedzy przedstawiona w artykule składa się z odpowiedzi i sugestii naprawy bloku zbudowanego z 18 pytań i odpowiedzi, podzielonych na 4 główne działy.

W celu zilustrowania schematu działania oprogramowania pierwszy z nich w formie blokowej został przedstawiony na rysunku 2 oraz 3.



Rys. 2. Pierwsza część bloku 1 do diagnozowania układu hamulcowego  
Fig. 2. The first part of unit 1 for the diagnosis of the braking system

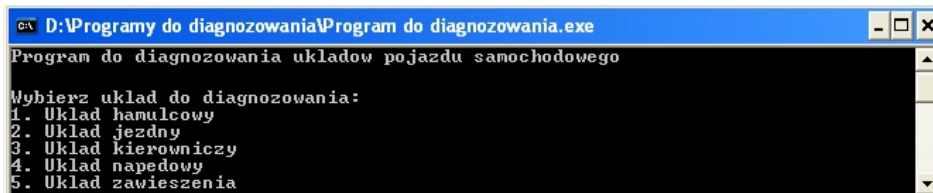


Rys. 3. Druga część bloku 1 do diagnozowania układu hamulcowego  
 Fig. 3. The second part of unit 1 for the diagnosis of the braking system

## 5. DZIAŁANIE PROGRAMU EKSPERTOWEGO ZBUDOWANEGO NA PODSTAWIE ZAPROPONOWANEJ BAZY WIEDZY

Zgodnie z wcześniejszymi założeniami program został podzielony na 5 niezależnych podprogramów, mających zastosowanie przy diagnozowaniu jednego z wyróżnionych układów (rys. 4). Wybór poszczególnych elementów

menu programu odbywa się za pomocą wyboru z klawiatury odpowiedniego klawisza numerycznego i zatwierdzenie wyboru klawiszem „Enter”. Po dokonaniu konkretnego wyboru poprzez zatwierdzenie lub zaprzeczenie na odpowiednie pytanie, aplikacja sięga do bazy wiedzy, jakie czynności powinna dalej wykonywać.

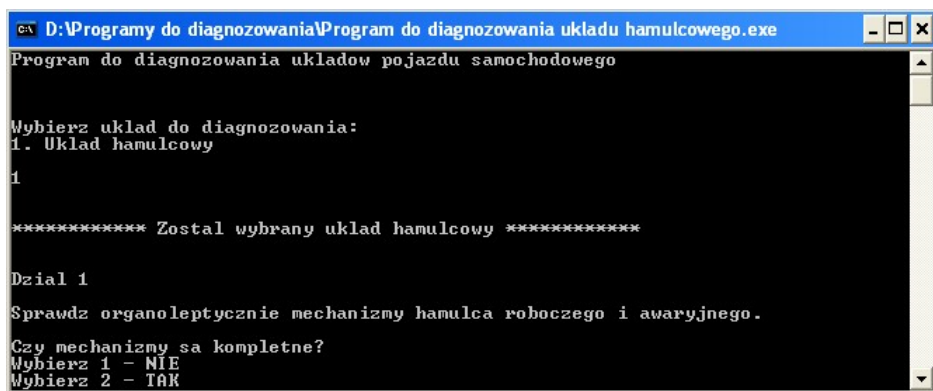


```
D:\Programy do diagnozowania\Program do diagnozowania.exe
Program do diagnozowania układow pojazdu samochodowego

Wybierz układ do diagnozowania:
1. Układ hamulcowy
2. Układ jezdnny
3. Układ kierowniczy
4. Układ napedowy
5. Układ zawieszienia
```

Rys. 4. Numeracja układów  
Fig. 4. The numbering system

Po wybraniu jednego z układów program realizuje pracę w pierwszym dziale podprogramu 1 (rys. 5). Praca przy użyciu pozostałych podprogramów odbywa się tak samo jak na opisanym przykładzie.



```
D:\Programy do diagnozowania\Program do diagnozowania układu hamulcowego.exe
Program do diagnozowania układow pojazdu samochodowego

Wybierz układ do diagnozowania:
1. Układ hamulcowy
1
***** Zostal wybrany układ hamulcowy *****

Dzial 1
Sprawdz organoleptycznie mechanizmy hamulca roboczego i awaryjnego.
Czy mechanizmy sa kompletne?
Wybierz 1 - NIE
Wybierz 2 - TAK
```

Rys. 5. Realizacja podprogramu 1  
Fig. 5. Implementation of the subprogram 1

Po zidentyfikowaniu problemu, program rozpoczyna stawianie pytań użytkownikowi (diagnoście), dotyczących zdefiniowanych w bazie wiedzy czynności. W przypadku gdy użytkownik odpowie twierdząco, program przejdzie dalej, natomiast gdy użytkownik odpowie przecząco, program wyświetli gałąź niejawną, tzn. szereg wiadomości podpowiadających diagnoście, jakie czynności powinien wykonać w celu usunięcia uszkodzenia w taki sposób, aby możliwe było realizowanie kolejnych etapów programu.

Z różnych względów użytkownik może nie chcieć wykonywać czynności diagnostycznych tak, jak narzuca to program. Z uwagi na to postanowiono umożliwić pominięcie realizacji poszczególnych linijek. Podobnie jest w przy-



padku wyświetlania porady naprawczej. Przykładowe odpowiedzi programu na wymuszenia użytkownika przedstawiono na rysunku 6.

```
ex D:\Programy do diagnozowania\Program do diagnozowania układu hamulcowego.exe
Wybierz 2 - TAK
1

Czy poziom płynu hamulcowego jest prawidłowy?
Wybierz 1 - NIE
Wybierz 2 - TAK
1
Uzupełnić ilość płynu hamulcowego.

Dział 2
Sprawdzić działanie mechanizmu uruchamiającego hamulec roboczy.

Czy wartość skoku jałowego pedału hamulca jest prawidłowa?
Wybierz 1 - NIE
Wybierz 2 - TAK
1
Wyregulować skok jałowy hamulca poprzez regulację luzu na sworzniach i cięgnach
lub wymienić zużyte elementy mechanizmu uruchamiającego pompe hamulcowa.
```

Rys. 6. Przykładowe odpowiedzi programu  
Fig. 6. Example response program

W przypadku gdy cały proces diagnozowania zostanie zrealizowany i wszystkie odpowiedzi stawiane przez program będą twierdzące, to program powiadomi użytkownika o zdatności układu. Opisany przypadek przedstawiono na rysunku 7.

```
ex D:\Programy do diagnozowania\Program do diagnozowania układu hamulcowego.exe
Czy podczas hamowania występują nienormalne efekty wibroakustyczne?
Wybierz 1 - NIE
Wybierz 2 - TAK
2
Wykonac regulacje. Wymienic zwichrowane tarcze hamulcowe, okladziny. Wyrównac fałdowosc
powierzchni oporowej (tarcza hamulcowa beben).

***** Układ zdalny *****
Aby zakonczyc prace z programem wybierz 1
-
```

Rys. 7. Informacja o zdatności układu  
Fig. 7. Information about suitability of the system

## 6. WNIOSKI

1. Konstruowanie bazy wiedzy wymaga dużego nakładu finansowego, czasowego oraz współpracy z osobami uznanymi za ekspertów w danej dziedzinie wiedzy.

2. Program ekspertowy w znaczny sposób ułatwia i ujednolica wykonywanie zabiegów diagnostycznych.
3. DevC++ jest prostym w obsłudze narzędziem do programowania w języku C++, który można wykorzystać nie tylko w dziedzinie nauk technicznych.
4. Pożądaną cechą wszelkiego rodzaju narzędziowych programów komputerowych jest możliwość uruchamiania ich na architekturze wielu systemów operacyjnych.
5. Wykorzystywanie programów ekspertowych pozwala na ograniczenie, lub nawet wyeliminowanie błędów spowodowanych przez tak zwany czynnik ludzki.

#### LITERATURA

- [1] MULAWKA J.J.: Systemy ekspertowe. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1996.
- [2] NIEDERLIŃSKI A.: Regułowe systemy ekspertowe. Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 2000.
- [3] STEFENOWICZ B.: Systemy eksperckie przewodnik. Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa, 2001.
- [4] ŚWIĄTNICKI W., ŚWIĄTNICKI Z.: Bronie inteligentne. Wydawnictwo Bellona, Warszawa, 1992.

#### DRAFT OF EXPERT PROGRAM FOR SHORT-TERM DIAGNOSIS OF ENGINE VEHICLES

**Summary:** The process of diagnosing vehicles is complicated, expensive and requires a time consuming. The person performing the diagnostic process has to be high qualified and skilled to use the tools to establish some values beyond which excludes, temporarily or permanently, vehicle from traffic. The article concerns the proposals of additional diagnostic method with use of the expert program. Its purpose is to help maintain a certain chronology of performed operations and give a proposal of solution.

**Key words:** diagnostics, braking systems, software, mechanical engineering