



**Sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym
montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów,
uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą
metody najmniejszych kwadratów**

Przedmiotem wynalazku jest sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów, uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą metody najmniejszych kwadratów, mający zastosowanie w układach elektronicznych sterowania nagrzewaniem ambulansu.

Systemy ogrzewania i chłodzenia ambulansu w przedziale pacjenta powinny być sterowane niezależnie od systemu przedziału kierowcy. Ogrzewanie/chłodzenie przedziału pacjenta może być zapewnione w systemie połączonym.

Oprócz ogrzewania przedziału kierowcy powinien istnieć niezależny, regulowany system zapewniający:

- ogrzewanie dla ambulansów drogowych typu A i B;
- ogrzewanie świeżym powietrzem dla ambulansów drogowych typu C.

System ten powinien działać w taki sposób, aby przy temperaturze zewnętrznej i wewnętrznej wynoszącej 5 °C, ogrzewanie do temperatury co najmniej 22 °C nie powinno trwać dłużej niż 15 minut. Pomiar temperatury powinien odbywać się w środku noszy i w punkcie środkowym od wylotów nagrzewnicy (jeśli dostępnych jest kilka wylotów).

Ogrzewanie powinno być sterowane za pomocą regulowanego termostatu lub elektronicznego systemu kontroli klimatyzacji

Rzeczywista temperatura nie może różnić się od ustalonej (założonej) temperatury o więcej niż 5°C. System grzewczy powinien być

w stanie spełnić kryteria wydajności przy wyłączonym systemie wentylacji i systemie ogrzewania ustawionym na recyrkulację powietrza w przedziale pacjenta.

Instalacja systemu nie może powodować przedostawania się gazów spalinowych do kabiny pacjenta.

Dotychczas nie jest znana metoda wykorzystania metody najmniejszych kwadratów do optymalizacji pracy urządzeń grzewczych ambulansu.

Ze stanu techniki, z opisu chińskiego wynalazku CN117477102A znany jest system sterowania ogrzewaniem akumulatorów pojazdu. System sterowania ogrzewaniem składa się z zestawu akumulatorów samochodowych, modułu klimatyzatora, pompy wodnej, moduł sterującego podzespołami pojazdu, układ czynnika z zaworem sterującym. Moduł sterujący pojazdu może ustawić wartość progową ogrzewania, zestaw akumulatorów może przesyłać w czasie rzeczywistym temperaturę ogniw akumulatora do całego modułu sterującego pojazdu za pośrednictwem zespołu wykrywania temperatury, a gdy temperatura ogniw akumulatora w czasie rzeczywistym osiągnie wartość progową nagrzewania, cały moduł sterujący pojazdu wysyła sygnał do układu sterującego zaworem.

Z innego chińskiego opisu wynalazku CN117460633A znane jest urządzenie sterujące ogrzewaniem i program sterujący urządzeniem. Urządzenie sterujące ogrzewaniem przechowuje mapę wzrostu temperatury wskazującą zależność między natężeniem przepływu chłodziwa a szybkością wzrostu temperatury chłodziwa po stronie wylotowej grzejnika, gdy ilość ogrzewania przez grzejnik jest wartością przewidzianą. W początkowym trybie ogrzewania szybkość wzrostu temperatury cieczy chłodzącej obliczana jest na podstawie temperatury cieczy chłodzącej zarejestrowanej przez pierwsze urządzenie do pomiaru temperatury, a szybkość wzrostu temperatury cieczy chłodzącej obliczana jest na podstawie na podstawie temperatury cieczy chłodzącej wykrytej przez drugie urządzenie do pomiaru temperatury.

Metoda najmniejszych kwadratów jest standardową metodą przybliżania rozwiązań układów nadokreślonych, tzn. zestawu równań, w którym jest ich więcej niż zmiennych. „Najmniejsze kwadraty” oznaczają to, że aby oszacować parametry strukturalne modelu minimalizujemy funkcjonal jakości, który jest sumą kwadratów różnic pomiędzy wartością rzeczywistą zmiennej zależnej a wartością prognozowaną na podstawie modelu.

W statystyce wykorzystuje się ją do estymacji i wyznaczania linii trendu na podstawie zbioru danych w postaci par liczb. Najczęściej jest stosowana przy regresji liniowej, ale może też być stosowana do oszacowania parametrów nieliniowych linii trendu.

Zależność przyrostu temperatury w czasie określamy za pomocą wzoru

$$T_t = T_0 + (T_{max} - T_0)(1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

gdzie T_t oznacza temperaturę w momencie t , λ – stałą określającą efektywność ogrzewania obiektu, wielkość $T_{max} - T_0$ - maksymalny przyrost temperatury podczas ogrzania obiektu. Równanie (1) możemy przedstawić w postaci

$$\log \left(\frac{T_{max} - T_0}{T_{max} - T_t} \right) = \lambda t \quad (2)$$

Stosując klasyczną metodę najmniejszych kwadratów na podstawie obserwacji zachowania temperatury $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ ogrzewanego obiektu wyznaczamy wartość estymatora parametru intensywności ogrzewania.

Celem rozwiązania wedle wynalazku jest opracowanie metody optymalizacji pracy urządzenia grzejnego powierzchni sanitarnej ambulansu, opracowanie metody pozwalającej na wyznaczenie najszybszego przyrostu temperatury do wymaganej normą według normy PN_EN 1789 gdzie poziom referencyjny $T_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, wymagana temperatura przedziału sanitarnego $T_{req} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ w czasie $t_{req} = 15 \text{ min}$ oraz ustalonej maksymalnej temperatury ogrzania na przykład $T_{max} =$

28 °C minimalna wielkość parametru λ określającego efektywność ogrzewania wynosi 0,0896.

Sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów, uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą metody najmniejszych kwadratów, w którym to dokonuje się pomiaru temperatury za pomocą co najmniej jednego czujnika temperatury zamontowanego w punkcie krzyżowania się osi wylotów nagrzewnicy lub w środku noszy, **charakteryzuje się tym, że** na podstawie ciągu odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ w momentach $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n < t_{req}$ wyznacza się wartość estymatora λ określającego efektywność ogrzewania za pomocą wzoru:

$$\hat{\lambda}_n = \frac{\sum_{j=1}^n t_j \left(\log(T_{max} - T_0) - \log(T_{max} - T_{t_j}) \right)}{\sum_{j=1}^n t_j^2} \quad (3)$$

gdzie:

T_{max} – maksymalna temperatura ogrzania;

T_0 – poziom referencyjny, równy temperaturze początkowej pomiaru;

T_{t_j} – wartość temperatury w momencie t_j , $0 \leq j \leq n$;

T_{req} – minimalny wymagany poziom temperatury po czasie t_{req} ;

t_{req} – wymagany czas ogrzewania ambulansu, dla którego temperatura przedziału sanitarnego powinna być nie mniejsza niż T_{req} ,

następnie wyznacza się minimalną wymaganą efektywność (ogrzewania) przyrostu temperatury przedziału sanitarnego za pomocą wzoru:

$$\lambda_{min} = \frac{1}{t_{req}} \log \left(\frac{T_{max} - T_0}{T_{max} - T_{req}} \right) \quad (4)$$

jeżeli na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ oraz $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n < \lambda_{min}$ to należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego,

aby w momencie t_{req} temperatura przedziału sanitarnego przekroczyła wymaganą wartość T_{req} ;

jeżeli natomiast na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ oraz $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n \geq \lambda_{min}$ to należy przyjąć, iż minimalna wymagana wielkość temperatury T_{req} przedziału sanitarnego po czasie t_{req} zostanie osiągnięta.

Korzystnie, poziom referencyjny wynosi $T_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, wymagana temperatura przedziału sanitarnego $T_{req} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ w czasie $t_{req} = 15 \text{ min}$ oraz ustalonej maksymalnej temperatury ogrzania w szczególności $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ minimalna wielkość parametru λ określającego efektywność ogrzewania wynosi 0,0896.

Korzystnie, pomiar temperatury jest dokonywany w równych czasokresach, w odstępach 1 lub 2, lub 5 lub 10 sekundowych do momentu t_{req} .

Korzystnie, wyznacza się minimalna efektywność ogrzewania λ_{min} oraz na podstawie odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ przedziału sanitarnego do momentu t_{req} wyznacza się wartość estymatora efektywności ogrzewania za pomocą wzoru (4) w pamięci urządzenia elektronicznego, komputera oraz określa się możliwość spełnienia wymagań T_{req} w czasie t_{req} .

Korzystnie, za pomocą urządzenia komputerowego, mikrokontrolera steruje się mocą urządzenia grzewczego w celu osiągnięcia minimalnej wymaganej wielkości temperatury T_{req} przedziału sanitarnego w czasie t_{req} .

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania na załączonym rysunku Fig. 1 gdzie zaprezentowano wymagania dotyczące ogrzewania w ambulansach według normy PN-EN 1789, natomiast Fig. 2 przedstawiono pomiar wzrostu temperatury w czasie oraz prognoza ogrzania przedziału sanitarnego ambulansu.

Procedura testowania systemu ogrzewania powinna być stosowana dla wszystkich typów karetek (A, B, C) i powinna spełniać następujące założenia:

- nie należy podłączać zewnętrznego źródła zasilania,
- w razie potrzeby zainstaluj czujnik temperatury płynu chłodzącego na przyłączy T nagrzewnicy (po stronie silnika).

Procedurę tworzą poniższe etapy:

- otworzyć drzwi przedziału pacjenta;
- schładzać pojazd przez co najmniej 6 godzin w temperaturze określonej w punkcie 4.4.7.1;
- sprawdzić, czy system ogrzewania przedziału pacjenta jest wyłączony;
- uruchomić silnik;
- uruchomić ogrzewanie kabiny kierowcy w najkorzystniejszej pozycji;
- uruchomić silnik do osiągnięcia normalnej temperaturę roboczej (silnik jest uważany za gorący po dwóch otwarciach termostatu);
- zamknąć drzwi przedziału pasażerskiego, uruchomić system ogrzewania przedziału pasażerskiego (regulator w pozycji maksymalnej/pokrętko w położeniu maksymalnym), z silnikiem na biegu jałowym lub przyspieszonym biegu jałowym, jeśli uruchomi się on podczas testu bez ręcznego sterowania.

W raporcie z testu należy wskazać, czy podczas testu zadziałał przyspieszony bieg jałowy. Test:

- początek testu $t_0 = 0$;
- zapis temperatury w czasie;
- koniec testu: $t_0 + 20$ min;

- zatwierdzenie testu: czujniki temperatury powinny osiągnąć wartości wynoszące co najmniej 22°C w czasie $t_0 + 15$ min.

Pomiary zarejestrowane na jednym czujniku na środku noszy powinny spełniać kryteria. Biorąc pod uwagę zmienne warunki użytkowania ambulansów, ustawioną temperaturę należy sprawdzać wyłącznie poprzez porównanie wyświetlanej temperatury (22°C) po 15-minutowym wzroście temperatury. Zmierzona temperatura nie powinna różnić się o więcej niż 5°C .

Przykład

Sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów, uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą metody najmniejszych kwadratów, w którym to dokonuje się pomiaru temperatury za pomocą czujnika temperatury zamontowanego w punkcie krzyżowania się osi wylotów nagrzewnicy lub w środku noszy, wykonywany jest w pamięci elektronicznej, za pomocą urządzenia komputerowego steruje się mocą urządzenia grzewczego. Pomiaru można dokonywać za pomocą dowolnego czujnika, w szczególności czujnika temperatury na podczerwień.

Wedle zasady w pamięci komputera na podstawie ciągu odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ w momentach $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n < t_{req}$ wyznacza się wartość estymatora λ określającego efektywność ogrzewania za pomocą

wzoru:

$$\hat{\lambda}_n = \frac{\sum_{j=1}^n t_j \left(\log(T_{max} - T_0) - \log(T_{max} - T_{t_j}) \right)}{\sum_{j=1}^n t_j^2} \quad (3)$$

gdzie:

T_{max} – maksymalna temperatura ogrzania;

T_0 – poziom referencyjny, równy temperaturze początkowej pomiaru;

T_{t_j} – wartość temperatury w momencie t_j , $0 \leq j \leq n$;

T_{req} – minimalny wymagany poziom temperatury po czasie t_{req} ;

t_{req} – wymagany czas ogrzewania ambulansu, dla którego temperatura przedziału sanitarnego powinna być nie mniejsza niż T_{req} ,

następnie wyznacza się minimalną wymaganą efektywność (ogrzewania) przyrostu temperatury przedziału sanitarnego za pomocą wzoru:

$$\lambda_{min} = \frac{1}{t_{req}} \log \left(\frac{T_{max} - T_0}{T_{max} - T_{req}} \right) \quad (4)$$

jeżeli na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ oraz $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n < \lambda_{min}$ to należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego, aby w momencie t_{req} temperatura przedziału sanitarnego przekroczyła wymaganą wartość T_{req} ;

jeżeli natomiast na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ oraz $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n \geq \lambda_{min}$ to należy przyjąć, iż minimalna wymagana wielkość temperatury T_{req} przedziału sanitarnego po czasie t_{req} zostanie osiągnięta.

Poziom referencyjny wynosi $T_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, wymagana temperatura przedziału sanitarnego $T_{req} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ w czasie $t_{req} = 15 \text{ min}$ oraz ustalonej maksymalnej temperatury ogrzania $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ wielkość parametru λ_{min} określającego efektywność ogrzewania wynosi 0,0896. Pomiar temperatury może nie być ciągły, tzn. pomiar może być dokonywany w równych czasokresach, np. w odstępach 10 sekundowych do momentu t_{req} . Wyznacza się minimalną efektywność ogrzewania λ_{min} oraz na podstawie odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ przedziału sanitarnego do momentu t_{req} wyznacza się wartość estymatora efektywności ogrzewania za pomocą wzoru (3) w pamięci urządzenia elektronicznego, komputera oraz określa się możliwość spełnienia wymagań T_{req} w czasie t_{req} . Na Fig. 1 przedstawiono wymagania dotyczące ogrzewania w ambulansach według normy PN-EN 1789.

Identyfikacja efektywności urządzenia grzewczego oraz reguła sterowania ogrzewaniem obejmuje następujące czynności:

1. Wykonanie pomiaru

Dokonujemy pomiaru temperatury obiektu w czasie $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$, gdzie $t_n \leq 15$ (obserwujemy do wymaganego czasu 15 min). W chwili 0 włączamy urządzenie grzewcze. Wielkość T_0 -temperatura w chwili zero jako poziom referencyjny, t_j - czas ogrzewania do j -go momentu odczytu, $0 \leq j \leq n$.

2. Estymacja efektywności

Na podstawie odczytów temperatury w czasie wyznaczamy wartość estymatora efektywności ogrzewania za pomocą wzoru

$$\hat{\lambda}_n = \frac{\sum_{j=1}^n t_j \left(\log(T_{max} - T_0) - \log(T_{max} - T_{t_j}) \right)}{\sum_{j=1}^n t_j^2} \quad (3)$$

3. Reguła sterowania urządzeniem grzewczym

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ wielkość $\hat{\lambda}_n < \lambda_{min}$ to należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego, aby spełnić wymagania normy PN-EN 1789.

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ wielkość $\hat{\lambda}_n \geq \lambda_{min}$ to ambulans zostanie nagrany do 22C w czasie 15 min (wymagania normy zostaną spełnione).

Przykładowo dokonujemy pomiarów co 10 sek (6 pomiarów na minutę) w czasie 8 min (49 odczytów: początkowy oraz 48 pomiarów). Tabela poniżej przedstawia przykładowe odczyty.

Tabela 1. Przykłady pomiarów temperatury w przedziale ambulansu:

Moment	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	T_{t_j} , [C] (przykład 2)
0 min 0 sek	0.00	5.0	5.0
0 min 10 sek	0.17	5.3	5.4
0 min 20 sek	0.33	5.6	5.7
0 min 30 sek	0.50	5.9	6.1
0 min 40 sek	0.67	6.2	6.5
0 min 50 sek	0.83	6.4	6.8
1 min 0 sek	1.00	6.7	7.1
1 min 10 sek	1.17	7.0	7.5
1 min 20 sek	1.33	7.2	7.8
1 min 30 sek	1.50	7.5	8.1
1 min 40 sek	1.67	7.8	8.5
1 min 50 sek	1.83	8.0	8.8
2 min 0 sek	2.00	8.3	9.1
2 min 10 sek	2.17	8.5	9.4
2 min 20 sek	2.33	8.8	9.7
2 min 30 sek	2.50	9.0	10.0
2 min 40 sek	2.67	9.3	10.3
2 min 50 sek	2.83	9.5	10.6
3 min 0 sek	3.00	9.7	10.9
3 min 10 sek	3.17	10.0	11.1
3 min 20 sek	3.33	10.2	11.4
3 min 30 sek	3.50	10.4	11.7
3 min 40 sek	3.67	10.7	11.9
3 min 50 sek	3.83	10.9	12.2
4 min 0 sek	4.00	11.1	12.5
4 min 10 sek	4.17	11.3	12.7
4 min 20 sek	4.33	11.5	13.0
4 min 30 sek	4.50	11.7	13.2
4 min 40 sek	4.67	11.9	13.4
4 min 50 sek	4.83	12.1	13.7
5 min 0 sek	5.00	12.3	13.9
5 min 10 sek	5.17	12.6	14.1

Moment	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	T_{t_j} , [C] (przykład 2)
5 min 20 sek	5.33	12.7	14.4
5 min 30 sek	5.50	12.9	14.6
5 min 40 sek	5.67	13.1	14.8
5 min 50 sek	5.83	13.3	15.0
6 min 0 sek	6.00	13.5	15.2
6 min 10 sek	6.17	13.7	15.4
6 min 20 sek	6.33	13.9	15.6
6 min 30 sek	6.50	14.1	15.8
6 min 40 sek	6.67	14.2	16.0
6 min 50 sek	6.83	14.4	16.2
7 min 0 sek	7.00	14.6	16.4
7 min 10 sek	7.17	14.8	16.6
7 min 20 sek	7.33	14.9	16.8
7 min 30 sek	7.50	15.1	17.0
7 min 40 sek	7.67	15.3	17.2
7 min 50 sek	7.83	15.4	17.3
8 min 0 sek	8.00	15.6	17.5

Za pomocą wzoru (3) wyznaczamy wartość estymatora efektywności ogrzewania. Natomiast za pomocą wzoru (1) dokonujemy prognozy wzrostu temperatury. Wyniki zostały przedstawione na Fig. 2.

Dla próbki 1 wartość estymatora efektywności ogrzewania wynosi $\hat{\lambda} = 0.077 \leq \lambda_{min} = 0.0896$. Zatem ambulans nie zostanie nagrany do 22°C w czasie 15 min. Pomiar temperatury jest przedstawiony na Fig 2, za pomocą krzywej koloru czerwonego. Prognozowane zachowanie wzrostu temperatury przedziału pacjenta w ambulansie jest przedstawione krzywą przerywaną koloru czerwonego. Zgodnie z reguła sterowania należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego aby spełnić wymagania normy PN-EN 1789.

Dla próbki 2 wartość estymatora efektywności ogrzewania wynosi $\hat{\lambda} = 0.098 \geq \lambda_{min} = 0.0896$. Zatem ambulans zostanie nagrany do 22°C

w czasie 15 min. Pomiar temperatury jest przedstawiony na Fig. 2 za pomocą krzywej koloru granatowego. Prognozowane zachowanie wzrostu temperatury przedziału pacjenta w ambulansie jest przedstawione krzywą przerywaną koloru granatowego. Zgodnie z regułą sterowania moc urządzenia grzewczego można pozostawić bez zmian, wymagania normy PN-EN 1789 zostaną spełnione.

Fig. 2 przedstawia odczyty temperatury przedziału ambulansu oraz prognoza.

Instytut Transportu Samochodowego

Politechnika Lubelska

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

Pełnomocnik:

Bartłomiej Tomaszewski

Rzecznik patentowy