



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

Przedmiotem wynalazku jest sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą metody różnicowej, 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  $5^{\circ}\text{C}$ , ogrzewanie do temperatury co najmniej  $22^{\circ}\text{C}$  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  $5^{\circ}\text{C}$ . 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 ogniów akumulatora do całego modułu sterującego pojazdu za pośrednictwem zespołu wykrywania temperatury, a gdy temperatura ogniów 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.

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  $t$ ,  $\lambda$  – stałą określającą efektywność ogrzewania obiektu, wielkość  $T_{max} - T_0$  - maksymalny przyrost temperatury podczas ogrzania obiektu. Definiujemy  $F(t) = T_{max} - T_t$  oraz równanie (1) sprowadzamy do postaci

$$-\frac{F'(t)}{F(t)} = \lambda$$

a następnie zastępujemy równaniem różnicowym

$$\frac{T_{t+\Delta t} - T_t}{\Delta t(T_{max} - T_t)} = \lambda \quad (2)$$

dla  $\Delta t \rightarrow 0$ .

Na podstawie obserwacji zachowania temperatury  $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$  ogrzewanego obiektu wyznaczamy wartość estymatora parametru intensywności ogrzewania. Najlepszym estymatorem w sensie średniokwadratowym parametru intensywności jest średnia z ciągu realizacji transformacji temperatur, tzn. średnią z ciągu  $\left\{ \frac{T_{t_{j+1}} - T_{t_j}}{(T_{max} - T_{t_j})(t_{j+1} - t_j)} \right\}_{0 \leq j \leq n-1}$ .

Celem rozwiązania wedle wynalazku jest opracowanie metody optymalizacji pracy urządzenia grzejnego powierzchni sanitarnej ambulansu, opracowanie metody pozwalającej na wyznaczenie 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  $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$  minimalna wielkość parametru  $\lambda$  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 różnicowej, 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  $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n < t_{req}$ , gdzie moment ostatniego pomiaru jest mniejszy niż wymagany czas ogrzewania ambulansu wyznacza się wartość estymatora  $\lambda$  określającego efektywność ogrzewania za pomocą wzoru:

$$\hat{\lambda}_n = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{T_{t_{j+1}} - T_{t_j}}{(T_{max} - T_{t_j})(t_{j+1} - t_j)} \quad (3)$$

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 na przykład  $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$  minimalna wielkość parametru  $\lambda$  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 minimalną efektywność ogrzewania  $\lambda_{min}$  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 ogrzania ambulansu do temperatury  $T_{req}$  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 na którym Fig. 1 zaprezentowano wymagania dotyczące

ogrzewania w ambulansach według normy PN-EN 1789, Fig. 2 przedstawiono pomiar wzrostu temperatury w czasie oraz prognoza ogrzania przedziału sanitarnego ambulansu.

Procedura testowania systemu ogrzewania powinna być stosowana dla wszystkich typów karet (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 temperatury roboczej (silnik jest uważany za gorący po dwóch otwarciach termostatu);
- zamknąć drzwi przedziału pasażerskiego, uruchomić system ogrzewania przedziału pasażerskiego (regulator w pozycji maksymalnej/pokrętło 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  $22^{\circ}\text{C}$  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 różnicowej, 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.

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  $\lambda$  określającego efektywność ogrzewania za pomocą wzoru:

$$\hat{\lambda}_n = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{T_{t_{j+1}} - T_{t_j}}{(T_{max} - T_{t_j})(t_{j+1} - t_j)} \quad (3)$$

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  $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ , gdzie  $t_n < t_{req}$  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  $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$  minimalna wielkość parametru  $\lambda$  określającego efektywność ogrzewania wynosi 0,0896. Pomiar temperatury jest dokonywany w równych czasokresach, w odstępach 1 lub 2, lub 5 lub 10 sekundowych do momentu  $t_{req}$ . Wyznacza się minimalną efektywność ogrzewania  $\lambda_{min}$  oraz na podstawie odczytów temperatury  $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$  przedziału sanitarnego do momentu nieprzekraczającego  $t_{req}$  ( $t_n < t_{req}$ ) 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  $t_{req}$ . za pomocą urządzenia komputerowego, mikrokontrolera steruje się mocą urządzenia grzewczego w celu osiągnięcia minimalnej wymaganej wielkość temperatury  $T_{req}$  przedziału sanitarnego w czasie  $t_{req}$ .

### **Identyfikacja efektywności urządzenia grzewczego oraz reguła sterowania ogrzewaniem**

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  $t$ ,  $\lambda$  – stałą określającą efektywność zamontowanego urządzenia do ogrzania obiektu, wielkość  $T_{max} - T_0$  - maksymalny przyrost temperatury.

Zgodnie z normą PN-EN 1789 (punkt 4.4.7.2) przyjmujemy

$T_0 = 5$  - poziom referencyjny;

$T = 22$  - minimalny wymagany poziom po 15 min

oraz ustalamy maksymalną temperaturę ogrzania ambulansu np.  $T_{max} = 28^\circ\text{C}$ .

Dla wymagań według normy PN-EN 1789 po 15 min powinna być spełniona nierówność  $T_{15} \geq T$ . Korzystając ze wzoru (4) spełnienie nierówności  $T_{15} \geq T$  jest równoważne spełnieniu warunku, że wielkość intensywności ogrzania  $\lambda \geq 0.0896$ . Na Fig 1 przedstawiono wymagania dotyczące ogrzewania w ambulansach według normy PN-EN 1789.

Identyfikacja efektywności urządzenia grzewczego obejmuje następujące czynności:

1. Wykonanie pomiaru.

dokonyjemy 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 ciągu odczytów  $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$  temperatury w czasie wyznaczamy wartość estymatora efektywności ogrzewania za pomocą wzoru

$$\hat{\lambda}_n = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{T_{t_{j+1}} - T_{t_j}}{(T_{max} - T_{t_j})(t_{j+1} - t_j)} \quad (3)$$

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 22°C w czasie 15 min (wymagania normy zostaną spełnione).

Przykładowo dokonujemy pomiarów co 3 sekundy (20 pomiarów na minutę) w czasie 5 min (101 odczytów: początkowy oraz 100 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	5.00	5.00
0 min 3 sek	0.05	5.11	5.12
0 min 6 sek	0.10	5.16	5.24
0 min 9 sek	0.15	5.26	5.39
0 min 12 sek	0.20	5.37	5.48
0 min 15 sek	0.25	5.39	5.61
0 min 18 sek	0.30	5.48	5.73
0 min 21 sek	0.35	5.56	5.90
0 min 24 sek	0.40	5.63	5.97
0 min 27 sek	0.45	5.76	6.09
0 min 30 sek	0.50	5.78	6.19
0 min 33 sek	0.55	5.89	6.34
0 min 36 sek	0.60	5.97	6.49
0 min 39 sek	0.65	6.03	6.58
0 min 42 sek	0.70	6.12	6.69
0 min 45 sek	0.75	6.21	6.82
0 min 48 sek	0.80	6.31	6.97
0 min 51 sek	0.85	6.35	7.06
0 min 54 sek	0.90	6.44	7.20
0 min 57 sek	0.95	6.52	7.24
1 min 0 sek	1.00	6.57	7.41
1 min 3 sek	1.05	6.65	7.51
1 min 6 sek	1.10	6.75	7.62
1 min 9 sek	1.15	6.85	7.73
1 min 12 sek	1.20	6.91	7.84
1 min 15 sek	1.25	6.98	7.97
1 min 18 sek	1.30	7.03	8.10

Moment	$t_j$ , [min]	$T_{t_j}$ , [C] (przykład 1)	$T_{t_j}$ , [C] (przykład 2)
1 min 21 sek	1.35	7.15	8.15
1 min 24 sek	1.40	7.20	8.32
1 min 27 sek	1.45	7.30	8.38
1 min 30 sek	1.50	7.36	8.48
1 min 33 sek	1.55	7.44	8.60
1 min 36 sek	1.60	7.50	8.72
1 min 39 sek	1.65	7.55	8.80
1 min 42 sek	1.70	7.65	8.91
1 min 45 sek	1.75	7.69	9.02
1 min 48 sek	1.80	7.80	9.15
1 min 51 sek	1.85	7.87	9.24
1 min 54 sek	1.90	7.92	9.31
1 min 57 sek	1.95	8.04	9.43
2 min 0 sek	2.00	8.05	9.55
2 min 3 sek	2.05	8.12	9.64
2 min 6 sek	2.10	8.23	9.75
2 min 9 sek	2.15	8.30	9.84
2 min 12 sek	2.20	8.34	9.96
2 min 15 sek	2.25	8.46	10.04
2 min 18 sek	2.30	8.49	10.15
2 min 21 sek	2.35	8.56	10.24
2 min 24 sek	2.40	8.68	10.33
2 min 27 sek	2.45	8.70	10.44
2 min 30 sek	2.50	8.81	10.52
2 min 33 sek	2.55	8.88	10.65
2 min 36 sek	2.60	8.95	10.74
2 min 39 sek	2.65	8.99	10.85
2 min 42 sek	2.70	9.04	10.90
2 min 45 sek	2.75	9.14	10.97
2 min 48 sek	2.80	9.22	11.08
2 min 51 sek	2.85	9.25	11.14
2 min 54 sek	2.90	9.29	11.28
2 min 57 sek	2.95	9.43	11.34
3 min 0 sek	3.00	9.49	11.47
3 min 3 sek	3.05	9.54	11.56
3 min 6 sek	3.10	9.59	11.65
3 min 9 sek	3.15	9.70	11.72

Moment	$t_j$ , [min]	$T_{t_j}$ , [C] (przykład 1)	$T_{t_j}$ , [C] (przykład 2)
3 min 12 sek	3.20	9.76	11.84
3 min 15 sek	3.25	9.77	11.91
3 min 18 sek	3.30	9.87	12.01
3 min 21 sek	3.35	9.96	12.05
3 min 24 sek	3.40	10.00	12.16
3 min 27 sek	3.45	10.10	12.26
3 min 30 sek	3.50	10.13	12.35
3 min 33 sek	3.55	10.20	12.45
3 min 36 sek	3.60	10.26	12.53
3 min 39 sek	3.65	10.34	12.61
3 min 42 sek	3.70	10.40	12.72
3 min 45 sek	3.75	10.45	12.75
3 min 48 sek	3.80	10.53	12.84
3 min 51 sek	3.85	10.57	12.95
3 min 54 sek	3.90	10.63	13.00
3 min 57 sek	3.95	10.68	13.11
4 min 0 sek	4.00	10.73	13.20
4 min 3 sek	4.05	10.84	13.24
4 min 6 sek	4.10	10.87	13.35
4 min 9 sek	4.15	10.93	13.43
4 min 12 sek	4.20	10.99	13.50
4 min 15 sek	4.25	11.05	13.58
4 min 18 sek	4.30	11.12	13.70
4 min 21 sek	4.35	11.21	13.75
4 min 24 sek	4.40	11.24	13.85
4 min 27 sek	4.45	11.30	13.93
4 min 30 sek	4.50	11.39	13.99
4 min 33 sek	4.55	11.42	14.03
4 min 36 sek	4.60	11.45	14.12
4 min 39 sek	4.65	11.52	14.23
4 min 42 sek	4.70	11.64	14.27
4 min 45 sek	4.75	11.66	14.36
4 min 48 sek	4.80	11.70	14.43
4 min 51 sek	4.85	11.78	14.48
4 min 54 sek	4.90	11.86	14.58
4 min 57 sek	4.95	11.89	14.68
5 min 0 sek	5.00	11.96	14.75

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  $\hat{\lambda} = 0.072 \leq \lambda_{min} = 0.0896$ . Zatem ambulans nie zostanie nagrany do 22°C w czasie 15 min. Pomiar temperatury jest przedstawiony na Fig. 2, za pomocą krzywej koloru czerwonego, natomiast prognozowane zachowanie wzrostu temperatury przedziału pacjenta w ambulansie jest przedstawione krzywą przerywaną koloru czerwonego. Zgodnie z regułą sterowania należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego aby spełnić wymagania normy PN-EN 1789.

Dla próbki 2 wartość estymatora efektywności ogrzewania wynosi  $\hat{\lambda} = 0.11 \geq \lambda_{min} = 0.0896$ . 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 prognozę.

**Instytut Transportu Samochodowego**

**Politechnika Lubelska**

**Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego**

Pełnomocnik:

Bartłomiej Tomaszewski

Rzecznik patentowy