



Sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów obejmujący wyznaczenie przedziału ufności dla temperatury przedziału sanitarnego oraz uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą średniej z transformacji

Przedmiotem wynalazku jest sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów obejmujący wyznaczenie przedziału ufności dla temperatury przedziału sanitarnego oraz uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą średniej z transformacji, 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.

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

$$\frac{1}{t} \log \left(\frac{T_{max} - T_0}{T_{max} - T_t} \right) = \lambda \quad (2)$$

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

$$\text{z ciągu } \left\{ \frac{1}{t_j} \log \left(\frac{T_{max} - T_0}{T_{max} - T_{t_j}} \right) \right\}_{0 \leq j \leq n}.$$

Celem rozwiązania wedle wynalazku jest opracowanie metody optymalizacji pracy urządzenia grzejnego przedziału sanitarnego ambulansu, opracowanie metody pozwalającej z ustalonym prawdopodobieństwem określić możliwość ogrzania przedziału sanitarnego do wymaganej temperatury 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 $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ wielkość parametru λ określającego efektywność ogrzewania wynosi 0,0896.

Sposób weryfikacji i sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów obejmujący wyznaczenie przedziału ufności dla temperatury przedziału sanitarnego oraz uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą średniej z transformacji, 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 własności parametru efektywności ogrzewania przedziału sanitarnego ambulansu λ , który jest zmienną losową o rozkładzie normalnym $N(\hat{\lambda}_n, \hat{\sigma}_n^2)$, gdzie wartość oczekiwana parametru efektywności ogrzewania ze wzoru

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

wariancję

$$\hat{\sigma}_n^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n \left(\frac{\log(T_{max} - T_0)}{t_j \log(T_{max} - T_{t_j})} - \hat{\lambda}_n \right)^2 \quad (4)$$

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} ,

oraz dla poziomu istotności α wyznaczamy przedział ufności dla temperatury przedziału sanitarnego po 15 min jako $(T_{15}(\lambda^L), T_{15}(\lambda^U))$, gdzie granice przedziału wyznaczamy za pomocą wzoru

$$T_t(\lambda) = T_{t_n} + (T_{max} - T_{t_n})(1 - e^{-\lambda(t-t_n)}), \quad (5)$$

natomiast wielkość $u_{1-\alpha/2}$ jest kwantylem rzędu $1 - \alpha/2$ dla rozkładu normalnego $N(0,1)$ oraz

$$\lambda^L = \hat{\lambda}_n - u_{1-\alpha/2} \hat{\sigma}_n$$

$$\lambda^U = \hat{\lambda}_n + u_{1-\alpha/2} \hat{\sigma}_n$$

jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ spełniona nierówność $T_{15}(\lambda^U) \leq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem co najmniej $1 - \alpha/2$ wymagana temperatura przedziału sanitarnego nie zostanie osiągnięta oraz należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego, aby w momencie t_{req} temperatura przedziału sanitarnego przekroczyła wymaganą wartość T_{req} ;

jeżeli natomiast na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ spełniona nierówność $T_{15}(\lambda^L) \geq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem $1 - \alpha/2$ należy przyjąć, iż minimalna wymagana wielkość temperatury T_{req} przedziału sanitarnego po czasie t_{req} zostanie osiągnięta;

jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ wymagana temperatura należy do przedziału ufności, tzn. $T_{req} \in (T_{15}(\lambda^L), T_{15}(\lambda^U))$, to należy obserwować zachowanie temperatury przedziału sanitarnego.

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 np. $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ 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, 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 oczekiwaną i wariancję parametru efektywności ogrzewania oraz przedział ufności temperatury przedziału sanitarnego za pomocą wzorów (3)-(5) 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 gdzie Fig. 1 zaprezentowano wymagany wzrost temperatury w czasie dla ogrzewania przedziału ambulansu według normy PN-EN 1789., natomiast Fig. 2a przedstawiono pomiar wzrostu temperatury w czasie oraz przedział ufności temperatury ogrzania przedziału sanitarnego ambulansu, Fig. 2b. przedstawia przedział ufności temperatury ogrzania przedziału sanitarnego ambulansu, Fig. 3. uwidoczniono rozkład temperatury po 15 min ogrzewania oraz przedział ufności temperatury 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 obejmujący wyznaczenie przedziału ufności dla temperatury przedziału sanitarnego oraz uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną za pomocą średniej z transformacji, 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, uwzględniając intensywność nagrzewania szacowaną jako średnią z ciągu wielkości transformacji temperatur.

W pamięci komputera na podstawie ciągu odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ w momentach $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n < t_{req}$, gdzie moment ostatniego pomiaru jest mniejszy niż wymagany czas ogrzewania ambulansu) wyznacza własności parametru efektywności ogrzewania przedziału sanitarnego ambulansu λ , który jest zmienną losową o rozkładzie normalnym $N(\hat{\lambda}_n, \hat{\sigma}_n^2)$, gdzie wartość oczekiwana parametru efektywności ogrzewania, ze wzoru:

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

natomiast wariancja

$$\hat{\sigma}_n^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n \left(\frac{\log(T_{max} - T_0)}{t_j \log(T_{max} - T_{t_j})} - \hat{\lambda}_n \right)^2 \quad (4)$$

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 dla poziomu istotności $0 < \alpha < 1$ wyznacza się przedział ufności dla temperatury przedziału sanitarnego po 15 min postaci $(T_{15}(\lambda^L), T_{15}(\lambda^U))$, oraz

$$\lambda^L = \hat{\lambda}_n - u_{1-\alpha/2} \hat{\sigma}_n$$

$$\lambda^U = \hat{\lambda}_n + u_{1-\alpha/2} \hat{\sigma}_n$$

natomiast wielkość $u_{1-\alpha/2}$ jest kwantylem rzędu $1 - \alpha/2$ dla rozkładu normalnego $N(0,1)$, temperatura przedziału sanitarnego ambulansu po t min ogrzewania

$$T_t(\lambda) = T_{t_n} + (T_{max} - T_{t_n})(1 - e^{-\lambda(t-t_n)}), \quad (5)$$

oraz T_{t_n} bieżąca temperatura przedziału sanitarnego w momencie t_n .

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ spełniona nierówność $T_{15}(\lambda^U) \leq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem $1 - \alpha/2$ wymagana temperatura przedziału sanitarnego nie zostanie osiągnięta (przedział sanitarny nie zostanie nagrany do 22°C w czasie 15min), należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego aby w momencie t_{req} temperatura przedziału sanitarnego przekroczyła wymaganą wartość T_{req} ;

jeżeli natomiast na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ spełniona nierówność $T_{15}(\lambda^L) \geq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem co najmniej $1 - \alpha/2$ wymagana temperatura przedziału sanitarnego zostanie osiągnięta (przedział sanitarny zostanie nagrany do 22°C w czasie 15min), zatem z prawdopodobieństwem $1 - \alpha/2$ wymagana norma PN-EN 1789 zostanie spełniona;

jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ wymagana temperatura należy do przedziału ufności temperatur $T_{req} \in (T_{15}(\lambda^L), T_{15}(\lambda^U))$, to na poziomie istotności α nie podstaw odrzucenia hipotezy że norma PN-EN 1789 zostanie spełniona, zatem należy obserwować zachowanie temperatury przedziału sanitarnego. 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 np. $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ wielkość parametru λ 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} . 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 oczekiwaną i wariancję parametru efektywności ogrzewania oraz przedział ufności temperatury przedziału sanitarnego za pomocą wzorów (3)-(5) 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} .

Przykład wyznaczenia przedziału ufności temperatury przedziału sanitarnego ambulansu 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 , λ – 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 $T_{15} \geq T$ z prawdopodobieństwem co najmniej $1 - \alpha/2$ jest równoważne spełnieniu warunku $T_{15}(\lambda^L) \geq T_{req}$, że kwantyl dolny przedziału ufności przekracza wymaganą temperaturę. Na rysunku 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 odczytów temperatury w czasie wyznaczamy wartość oczekiwaną parametru efektywności ogrzewania za pomocą wzoru

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

wariancję

$$\hat{\sigma}_n^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n \left(\frac{\log(T_{max} - T_0)}{t_j \log(T_{max} - T_{t_j})} - \hat{\lambda}_n \right)^2 \quad (4)$$

oraz dla poziomu istotności α wyznaczamy przedział ufności $(T_{15}(\lambda^L), T_{15}(\lambda^U))$, gdzie granice przedziału wyznaczamy za pomocą wzoru (5).

3. Reguła sterowania urządzeniem grzewczym.

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ spełniona nierówność $T_{15}(\lambda^U) \leq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem $1 - \alpha/2$ wymagana temperatura przedziału sanitarnego nie zostanie osiągnięta oraz należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego, aby spełnić wymagania normy PN-EN 1789.

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ spełniona nierówność $T_{15}(\lambda^L) \geq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem $1 - \alpha/2$ wymagana temperatura przedziału sanitarnego ambulans zostanie nagrany do 22C w czasie 15 min (wymagania normy zostaną spełnione).

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ wymagana temperatura należy do przedziału ufności, tzn. $T_{req} \in (T_{15}(\lambda^L), T_{15}(\lambda^U))$, to na poziomie istotności α nie podstaw odrzucenia hipotezy że norma PN-EN 1789 zostanie spełniona, zatem należy obserwować zachowanie temperatury przedziału sanitarnego.

Przykładowo dokonujemy pomiarów co 5 sek (12 pomiarów na minutę) w czasie 6 min (73 odczytów: początkowy oraz 72 pomiary). Tabela poniżej przedstawia przykładowe odczyty.

Tabela 1. Przykłady pomiarów temperatury w przedziale ambulansu:

Wzrost	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	T_{t_j} , [C] (przykład 2)
min 0 sek	0.00	5.00	5.00
min 5 sek	0.08	5.26	5.27
min 10 sek	0.17	5.29	5.49
min 15 sek	0.25	5.58	5.54
min 20 sek	0.33	5.69	5.62

moment	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	T_{t_j} , [C] (przykład 2)
min 25 sek	0.42	5.73	5.71
min 30 sek	0.50	5.86	5.82
min 35 sek	0.58	6.25	6.27
min 40 sek	0.67	6.43	6.29
min 45 sek	0.75	6.45	6.60
min 50 sek	0.83	6.45	6.89
min 55 sek	0.92	6.68	7.02
min 0 sek	1.00	6.75	7.10
min 5 sek	1.08	6.93	7.23
min 10 sek	1.17	6.93	7.31
min 15 sek	1.25	7.19	7.57
min 20 sek	1.33	7.27	7.63
min 25 sek	1.42	7.69	7.72
min 30 sek	1.50	7.70	8.03
min 35 sek	1.58	7.72	8.16
min 40 sek	1.67	7.94	8.33
min 45 sek	1.75	7.96	8.52
min 50 sek	1.83	8.01	8.69
min 55 sek	1.92	8.31	8.91
min 0 sek	2.00	8.38	9.03
min 5 sek	2.08	8.41	9.09
min 10 sek	2.17	8.61	9.15
min 15 sek	2.25	8.67	9.16
min 20 sek	2.33	8.73	9.38
min 25 sek	2.42	9.09	9.58
min 30 sek	2.50	9.11	9.63
min 35 sek	2.58	9.13	9.68
min 40 sek	2.67	9.19	9.72
min 45 sek	2.75	9.32	9.74
min 50 sek	2.83	9.39	9.86
min 55 sek	2.92	9.57	9.96
min 0 sek	3.00	9.86	10.43

moment	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	T_{t_j} , [C] (przykład 2)
min 5 sek	3.08	9.91	10.83
min 10 sek	3.17	9.91	10.85
min 15 sek	3.25	9.97	10.93
min 20 sek	3.33	10.22	10.94
min 25 sek	3.42	10.28	11.01
min 30 sek	3.50	10.37	11.08
min 35 sek	3.58	10.45	11.29
min 40 sek	3.67	10.59	11.35
min 45 sek	3.75	10.71	11.65
min 50 sek	3.83	10.86	11.72
min 55 sek	3.92	10.92	11.84
min 0 sek	4.00	10.94	12.32
min 5 sek	4.08	11.10	12.42
min 10 sek	4.17	11.32	12.51
min 15 sek	4.25	11.34	12.62
min 20 sek	4.33	11.54	12.82
min 25 sek	4.42	11.56	12.99
min 30 sek	4.50	11.91	13.00
min 35 sek	4.58	11.93	13.02
min 40 sek	4.67	12.01	13.05
min 45 sek	4.75	12.03	13.36
min 50 sek	4.83	12.04	13.38
min 55 sek	4.92	12.08	13.46
min 0 sek	5.00	12.36	13.64
min 5 sek	5.08	12.37	13.64
min 10 sek	5.17	12.39	13.64
min 15 sek	5.25	12.39	13.78
min 20 sek	5.33	12.53	13.79
min 25 sek	5.42	12.63	13.99
min 30 sek	5.50	12.75	14.07
min 35 sek	5.58	13.10	14.09
min 40 sek	5.67	13.23	14.24

moment	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	T_{t_j} , [C] (przykład 2)
min 45 sek	5.75	13.28	14.38
min 50 sek	5.83	13.31	14.53
min 55 sek	5.92	13.41	14.63
min 0 sek	6.00	13.59	15.32

Za pomocą wzoru (3) i (4) wyznaczamy wartość oczekiwaną i wariancję parametru efektywności ogrzewania. Dla przykładu 1 rozkład parametru intensywności ogrzania jest rozkładem normalnym $N(0.0794, 1.15 \cdot 10^{-6})$, natomiast dla przykładu 2 rozkład parametru intensywności ogrzania jest rozkładem normalnym $N(0.0929, 1.16 \cdot 10^{-6})$. Natomiast za pomocą wzoru (5) wyznaczamy przedziały ufności temperatur przedziału sanitarnego. Wyniki zostały przedstawione na Fig. 2. Fig. 3 przedstawia rozkład temperatury przedziału ogrzewania po 15 min oraz przedział ufności temperatury.

Dla próbki 1 w momencie $t_n = 6$ dla poziomu istotności $\alpha = 0.05$ przedział ufności dla temperatury przedziału sanitarnego ambulansu wynosi (20.82; 21.08). Ponieważ $T_{15}(\lambda^U) \leq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem co najmniej $1 - \alpha/2$ wymagana temperatura przedziału sanitarnego nie zostanie osiągnięta (przedział sanitarny nie zostanie nagrany do 22°C w czasie 15min). Pomiar temperatury jest przedstawiony na Fig. 2a za pomocą krzywej koloru czerwonego. Prognozowany przedział ufności zachowanie wzrostu temperatury przedziału pacjenta w ambulansie jest polem koloru czerwonego, gdzie powiększenie obszaru jest przedstawione na Fig. 2b. Zgodnie z reguła sterowania należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego aby spełnić wymagane normy PN-EN 1789. Na Fig. 3 przedział ufności temperatury jest zaznaczony pomiędzy liniami przerywanymi koloru czerwonego.

Dla próbki 2 w momencie $t_n = 6$ dla poziomu istotności $\alpha = 0.05$ przedział ufności dla temperatury przedziału sanitarnego ambulansu wynosi (22.4 ; 22.61). Ponieważ $T_{15}(\lambda^L) \geq T_{req}$ to z prawdopodobieństwem $1 - \alpha/2$ wymagana temperatura przedziału sanitarnego zostanie osiągnięta (przedział sanitarny zostanie nagrany do 22°C w czasie 15min z prawdopodobieństwem co najmniej $1 - \alpha/2$). Pomiar temperatury jest przedstawiony na Fig. 2a za pomocą krzywej koloru niebieskiego. Prognozowany przedział ufności zachowania wzrostu

temperatury przedziału pacjenta w ambulansie jest polem koloru niebieskiego, gdzie powiększenie obszaru jest przedstawione na Fig. 2b. Na Fig. 3 przedział ufności temperatury jest zaznaczony pomiędzy liniami przerywanymi koloru niebieskiego. Zgodnie z reguła sterowania pozostawiamy bez zmian moc urządzenia grzewczego, wymagania normy PN-EN 1789 zostaną spełniona z prawdopodobieństwem 0.975.

Instytut Transportu Samochodowego
Politechnika Lubelska
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

Pełnomocnik:
Bartłomiej Tomaszewski
Rzecznik patentowy