

Przemysław TYCZEWSKI¹

MONITORING WARUNKÓW TRANSPORTU ŁATWO PSUJĄCYCH SIĘ PRODUKTÓW ŻYWNOŚCIOWYCH

Transport żywności szybko psującej się musi przebiegać w temperaturach obniżonych, optymalnych dla określonego produktu, ustalonych doświadczalnie [1, 2]. Jednak w rzeczywistości może wystąpić różnica temperatur między nastawą agregatu (wartość wymagana), a wskazaniem rejestratora. Jest to najczęściej rozbieżność między dwoma czujnikami rejestratora.

W pracy przedstawiono wyniki z wykonanych badań w zakresie wpływu miejsca rozmieszczenia czujników temperatury na wartości rejestrowanej temperatury. Zaproponowano optymalne miejsca zamontowania czujników temperatury monitorujących warunki transportu produktów żywnościowych łatwo psujących się.

PERISHABLE FOOD TRANSPORT MONITORING CONDITIONS

During perishable food transport a temperature difference can occur between the aggregate setting (the required value) and the recorder readings. Most often, it is a variance between two sensors of the recorder.

This paper presents the results of the tests concerning the influence of temperature sensors location on the recorded temperature values. There are proposed optimum places for mounting sensors monitoring perishable food transport conditions.

1. WSTĘP

Podczas transportu produktów łatwo psujących się możliwe wystąpienie różnicy wskazań między czujnikami rejestratora temperatury. Przyczynami wskazań różnych temperatur mogą być:

- uszkodzenie czujnika/rejestratora temperatury,
- niewłaściwie przygotowany ładunek (najczęściej źle schłodzony),
- nieodpowiednio rozmieszczony ładunek (brak palet, niepozostawienie przerwy między ładunkiem a ścianami zabudowy umożliwiających cyrkulację powietrza, nierównomiernie ułożony towar),
- źle zamocowany czujnik temperatury.

¹Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, przemyslaw.tyczewski@put.poznan.pl

Aby zminimalizować występujące różnice należy posiadać rejestratory spełniające wymogi prawne oraz przeprowadzać okresowe ich sprawdzenie [3 – 5]. Ponadto podczas załadunku sprawdzić temperaturę towaru, a także odpowiednio rozmieścić produkt. Towar powinien znajdować się na paletach, oddalony o około 70 mm od ścian. Należy pozostawić wolną przestrzeń między towarem, a sufitem. Górna powierzchnia ładunku powinna być jak najbardziej płaska [6].

Przyczyną błędnego wskazania rejestratora temperatury może być niepoprawne zamocowanie czujnika temperatury.

2. PODSTAWY PRAWNE KONIECZNOŚCI REJESTRACJI TEMPERATURY PODCZAS TRANSPORTU ŻYWNOŚCI

Producenci, dystrybutorzy i dostawcy szybko psującej się żywności są zobowiązani do kontroli, rejestracji i archiwizacji temperatury podczas transportu artykułów żywnościowych. W Polsce obowiązuje rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 grudnia 2002 r., w sprawie wymagań sanitarnych dotyczących środków transportu żywności, substancji pomagających w przetwarzaniu, dozwolonych substancji dodatkowych i innych składników żywności (Dz. U. z 2003 r. Nr 21 z dnia 10.02.2003r., poz. 179). Zgodnie z tym rozporządzeniem, wymagane jest prowadzenie stałego monitoringu temperatury podczas przewozu artykułów wymagających obniżonej temperatury.

Na rynku europejskim obowiązuje szereg norm i zaleceń dotyczących rejestracji temperatury, podczas transportu artykułów żywnościowych. Najważniejsze to [7]:

- dyrektywa 92/1/EWG dotycząca obowiązku rejestracji temperatury w czasie transportu w przestrzeniach większych niż 2 m³,
- dyrektywa 92/1/EEC w sprawie monitorowania temperatury w środkach transportu, magazynowania i przechowywania głęboko mrożonych środków żywnościowych przeznaczonych dla ludzi,
- dyrektywa HACCP ("hazard analysis and critical control points") nakazuje sprawdzanie czy pożądane limity temperatury zostały zachowane w tzw. "punktach krytycznych" (np. transporcie).

Dokumentami spełniającymi wytyczne powyższych dyrektyw są następujące normy:

- PN-EN 12830:2002 „Rejestratory temperatury stosowane podczas transportu, przechowywania i dystrybucji schłodzonej, zamrożonej, głęboko zamrożonej/szybko zamrożonej żywności i lodów. Badania, charakterystyka działania, przydatność”,
- PN-EN 13485:2004 „Termometry do pomiaru temperatury powietrza i produktów stosowane podczas transportu, przechowywania i dystrybucji schłodzonej, zamrożonej, głęboko zamrożonej/szybko zamrożonej żywności i lodów. Badania, właściwości, przydatność”,
- PN-EN 13486:2004 „Rejestratory temperatury i termometry stosowane podczas transportu, przechowywania i dystrybucji schłodzonej, zamrożonej, głęboko zamrożonej/szybko zamrożonej żywności i lodów. Sprawdzanie okresowe.

Z zgodnie z umową o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów i o specjalnych środkach transportu do tych przewozów (ATP), środek transportu musi być wyposażony w odpowiedni przyrząd rejestrujący, do sprawdzania w częstych i regularnych odstępach czasowych temperatury otoczenia, w której są przewożone produkty żywnościowe głęboko zamrożone przeznaczone do spożycia przez ludzi. Nowelizacja

Umowy ATP opublikowana w grudniu 2009 nakazuje aby wykorzystywane rejestratory temperatury w pojazdach izotermicznych spełniały wymienione normy [2].

Normy PN-EN 12830:2002 i PN-EN 13485:2004 określają warunki jakie muszą spełniać urządzenia do pomiaru i rejestracji temperatury podczas transportu żywności. Obowiązkiem producentów, dystrybutorów czy dostawców szybko psującej się żywności jest posiadanie rejestratorów temperatury spełniających wymienione normy.

Dodatkowo, przewoźnicy wykonujący transport łatwo psujących się artykułów żywnościowych są zobowiązani do stosowania normy PN-EN 13486:2004, określającej sposób i zakres wykonywania okresowych sprawdzeń urządzeń służących do rejestracji temperatury podczas transportu żywności.

Okresowe kontrole metrologiczne wraz z wzorcowaniem mogą być wykonywane przez niezależne instytucje np. Urząd Miar, jednostki upoważnione do kontroli chłodni pod względem wymagań ATP, laboratoria badawcze jak również przez producenta urządzeń rejestrujących.

Weryfikacja rejestratorów temperatury polega na potwierdzeniu i dostarczeniu dowodu, o spełnieniu określonych wymagań stawianym rejestratorom.

Zgodnie z normą środki do pomiaru i rejestracji temperatury powinny być sprawdzane co najmniej raz na rok. Sprawdzenie umożliwia stwierdzenie, czy odchylenia między wartościami wskazywanymi przez przyrząd pomiarowy i odpowiadającymi im znanymi wartościami wielkości mierzonej są zawsze mniejsze od błędu granicznego dopuszczalnego, określonego w normie, przepisie lub wymaganiu ustalonym dla danego sprzętu pomiarowego.

Sprawdzenie rejestratorów polega na bezpośrednim porównaniu badanego przyrządu z termometrem – wzorcem roboczym. Badania porównawcze powinny być prowadzone w komorze klimatycznej lub kąpeli termostatycznej, zapewniającej stabilizację warunków pomiarowych.

Zatem w celu wykonania okresowego sprawdzenia rejestratora, należy zamocować czujnik temperatury w taki sposób aby umożliwić jego łatwy montaż i demontaż. Około 1 – 2 m przewodu łączącego czujnik rejestratorem powinno mieć możliwość łatwego montażu i demontażu.

3. ROZMIESZCZENIE CZUJNIKÓW TEMPERATURY

Wielu autorów w różnych pracach analizuje rozkład temperatur wewnątrz zabudowy [8 – 11].

Standartowo rejestratory są wyposażone w dwa czujniki temperatury. Najczęściej czujniki montowane są: na powrocie powietrza do parownika (najwyższa temperatura w nadwoziu) (rys. 1a) oraz w tylnej części przestrzeni ładunkowej (rys. 1b).

Często podczas transportu szybko psujących się artykułów żywnościowych, przewoźnicy obserwują różną temperaturę między nastawą agregatu (wartość wymagana), a wskazaniem rejestratora. Rozbieżności występuje w szczególności między dwoma czujnikami rejestratora.

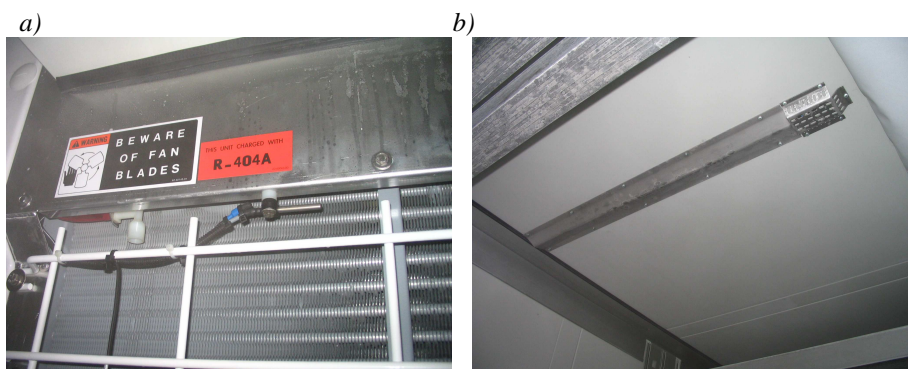
Istotnym czynnikiem decydującym o precyzji pomiaru temperatury wewnątrz przestrzeni ładunkowej jest sposób montażu czujników. Dotyczy to zwłaszcza pomiaru temperatury w tylnej części nadwozia. Przyjmuje się, iż czujnik powinien być umieszczony pod sufitem w miejscu odległym od ściany przedniej o 70% długości nadwozia oraz w

odległości około 70 cm od ściany bocznej. Czujniki nie mogą przylegać do poszycia nadwozia [7, 12].

Zalecenia montażu instalacji są następujące [7]:

- czujnik temperatury powinien być zainstalowany w miejscu dobrej cyrkulacji powietrza,
- czujnik powinien być zabezpieczony przed uderzeniami przewożonego ładunku, drzwiami,
- strumień światła dochodzący do wnętrza przedziału musi znajdować się co najmniej 0,5 m od czujnika, strumień nie może padać na bezpośrednio na czujnik.
- zaleca się instalowanie co najmniej po jednym czujniku w każdym przedziale oraz jednego czujnika mierzącego temperaturę odprowadzanego powietrza,
- dla potrzeb okresowych kalibracji, instalacja czujników powinna być w miarę łatwa do demontażu a następnie do ponownego montażu, jak również przewody powinny być stosunkowo długie, umożliwiające przeprowadzenie kontroli czujników.

Istotne jest to, aby czujniki były zamontowane w miejscach najlepszej cyrkulacji powietrza i nie były narażone na kontakt z poszyciem wewnętrznym oraz ładunkiem.



Rys. 1. Przykładowe miejsca montażu czujników temperatury, a) czujnik na powrocie powietrza do parownika (obok czujnika temperatury, systemu sterowania agregatem); b) czujnik w tylnej części zabudowy, w osłonie

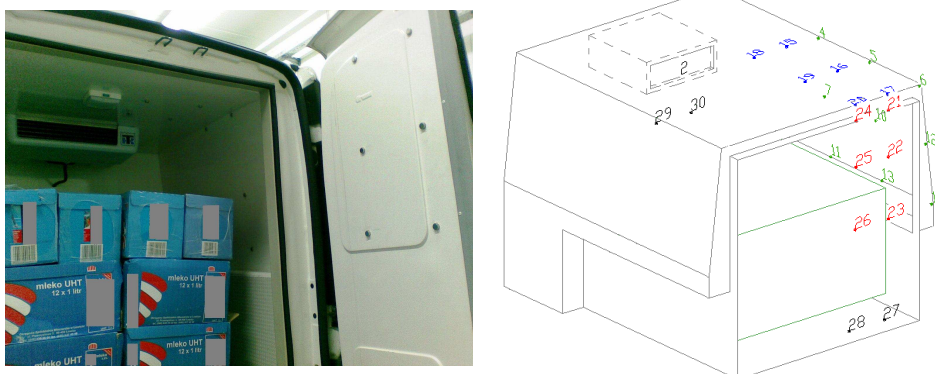
4. BADANIA ROZKŁADU TEMPERATURY WEWNĄTRZ NADWOZIA CHŁODNICZEGO

W laboratorium Instytutu Maszyn Roboczych i Pojazdów Politechniki Poznańskiej przeprowadzono badania wpływu miejsca montażu czujników temperatury na wartości rejestrowanej temperatury w małym pojeździe chłodniczym.

Badania przeprowadzono na małym pojeździe dostawczym z zabudową izotermiczną z agregatem chłodniczym Thermo King B-085. Pojazd został załadowany kartonikami wypełnionymi wodą o temperaturze 12°C. Wnętrze nadwozia było schładzane do temperatury 0°C (rys. 2).

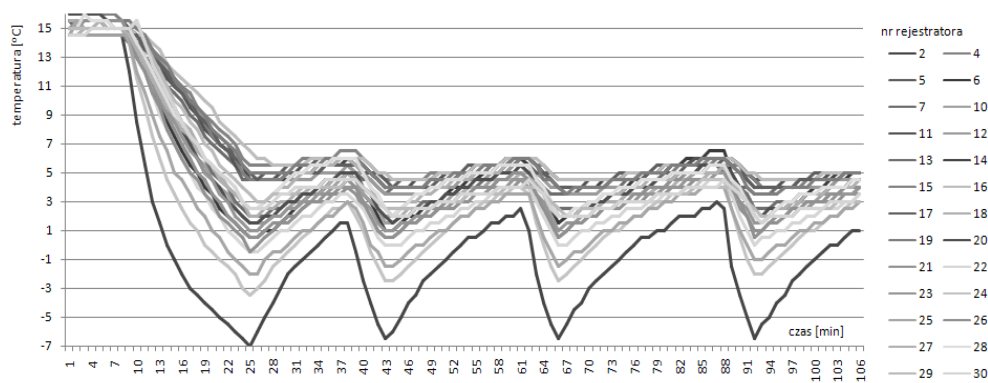
Analizę przeprowadzono na podstawie zmian temperatur zapisanych przez 26 bezprzewodowych rejestratorów Smartbutton z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$. Rozmieszczenie

rejestratorów przedstawiono na rysunku 2. Rejestratory o numerach: 4, 5, 6, 7, 10, 12, 11, 13, 14 znajdowały się na ścianie bocznej. Rejestratory: 15, 16, 17, 18, 19, 20 były rozmieszczone na suficie. Rejestratory: 21, 22, 23, 24, 25, 26 były umiejscowione na drzwiach. Rejestratory 27 i 28 znajdowały się na podłodze. Rejestratory 29 i 30 były położone na ładunku. Rejestrator o numerze 2 znajdował się przy wylocie powietrza z parownika (rys. 2).

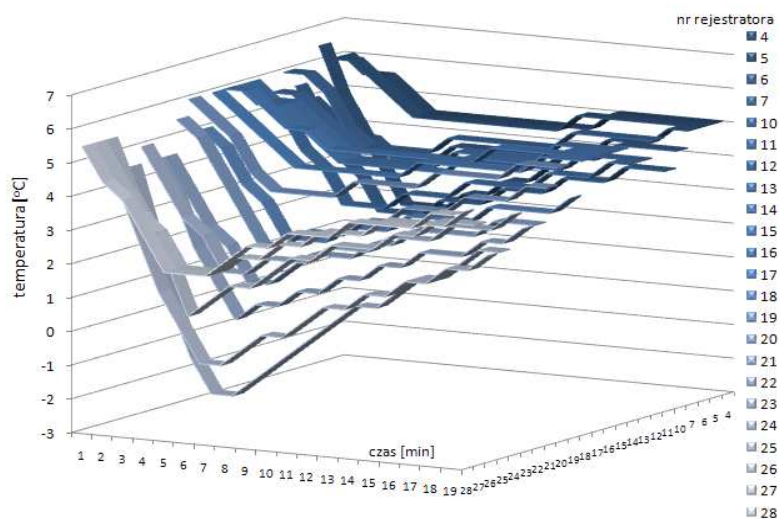


Rys. 2. Zabudowa chłodnicza z ładunkiem. Rozmieszczenie rejestratorów temperatury

Rysunek 3 przedstawia przebieg zmian temperatury w poszczególnych punktach. Do analizy wybrano jeden cykl pracy agregatu (włączenie – wyłączenie – ponowne włączenie) (rys. 4).

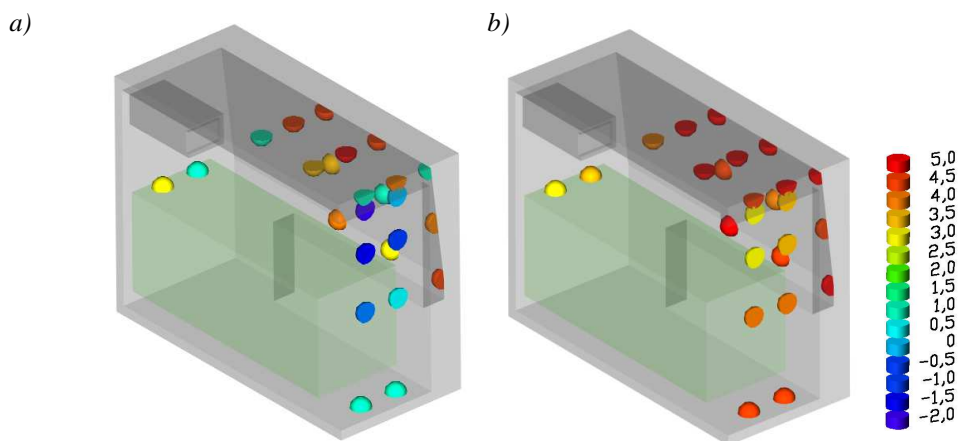


Rys. 3. Przebiegi temperatury w poszczególnych punktach pomiarowych



Rys. 4. Wybrany zakres przebiegów w poszczególnych punktach pomiarowych

Na rysunku 5 przedstawiono wartości temperatur w poszczególnych punktach w czasie największej różnicy temperatur przy włączonym agregacie oraz najmniejszej różnicy przy wyłączonym agregacie



Rys. 5. Wartości temperatur w poszczególnych punktach pomiarowych, a) największa różnica podczas włączonego agregatu, b) najmniejsza różnica podczas wyłączonego agregatu

5. WNIOSKI

W przypadku pomiarów temperatur w małym pojeździe dostawczym najmniejsza różnica temperatur między punktami pomiarowymi podczas wyłączonego agregatu wyniosła 2 °C. Natomiast największa różnica temperatur podczas włączonego agregatu wyniosła 7 °C. Miejscami najzimniejszymi były drzwi (-2 °C), a miejscami najcieplejszymi powierzchnie blisko ścian i sufitu (5 °C) (rys. 5). Temperatury na ścianie bocznej i na suficie, szczególnie w miejscach blisko krawędzi ścian i sufitu charakteryzowały się najmniejszą podatnością na prace agregatu chłodniczego.

Największe różnice temperatur wystąpiły na drzwiach. Pomijając trudności przeprowadzenia przewodu czujnika temperatury na drzwi tylne, miejsce to nie może być wybrane do montażu czujnika z powodu występowania największych zmian temperatur podczas cyklu pracy agregatu.

Analizując uzyskane wyniki można przyjąć, że wyłączając umiejscowienie czujnika: na drzwiach tylnych, na linii wylotu powietrza z parownika oraz w narożnikach zabudowy pozostałe miejsca montażu są poprawne.

6. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania potwierdzają, iż przyjęcie montażu tylnego czujnika w miejscu $\frac{3}{4}$ długości i $\frac{3}{4}$ szerokości jest dobrym miejscem gdyż temperatura w tych miejscach jest stabilna o najwyższej wartości w tylnej części nadwozia. Przy założeniu, że transportowany ładunek został poprawnie schłodzony oraz nie następują częste otwarcia drzwi rejestrowana temperatura przez tylny czujnik powinna być najwyższą temperaturą w tylnej części zabudowy. Zatem przewożony ładunek jest transportowany w odpowiednich warunkach.

Z uwagi na cyrkulację powietrza i możliwość wystąpienia mostków cieplnych czujniki powinny być montowane na płaskich powierzchniach oddalone od narożników i łączeń. Bezpośrednio czujnik nie powinien stykać się z powierzchnią i elementami dobrze przewodzącymi ciepło. Czujnik powinien być umocowany w uchwycie z tworzywa i nieco oddalony od powierzchni zabudowy. Z punktu widzenia okresowego sprawdzania czujników należy przewidzieć łatwość demontażu i montażu czujnika wraz z kablem o długości około 1 m.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] ASHRAE Handbook, 1994, Refrigeration. Systems and applications.
- [2] <http://www.unece.org/trans/main/wp11/atp.html>
- [3] PN-EN 12830:2002 *Rejestratory temperatury stosowane podczas transportu, przechowywania i dystrybucji schłodzonej, zamrożonej, głęboko zamrożonej/szybko zamrożonej żywności i lodów. Badania, charakterystyka działania, przydatność*
- [4] PN-EN 13485:2004 *Termometry do pomiaru temperatury powietrza i produktów stosowane podczas transportu, przechowywania i dystrybucji schłodzonej, zamrożonej, głęboko zamrożonej/szybko zamrożonej żywności i lodów. Badania, właściwości, przydatność*

- [5] PN-EN 13486:2004 *Rejestratory temperatury i termometry stosowane podczas transportu, przechowywania i dystrybucji schłodzonej, zamrożonej, głęboko zamrożonej/szybko zamrożonej żywności i lodów. Sprawdzanie okresowe*
- [6] Tyczewski P.: *Wpływ warunków transportu na bezpieczeństwo ładunku żywnościowego w małym pojeździe chłodniczym*, Logistyka 3/2009
- [7] Zwierzycki W., Bieńczyk K.: *Pojazdy chłodnicze w transporcie żywności*, Poznań, Systherm 2006
- [8] Jedermann R., Ruiz-Garcia L., Langa W.: *Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation*. Computers and electronics in agriculture, 65 (2009), 145 – 154.
- [9] Moraga N.O., Barraza H.G.: *Predicting heat conduction during solidification of a food inside a freezer due to natural convection*. Journal of Food Engineering, 56 (2002), 17 – 26.
- [10] Estrada-Flores S., Eddy A.: *Thermal performance indicators for refrigerated road vehicles*. International Journal of Refrigeration, 29 (2006), 889 – 898.
- [11] Moureh J., Laguerre O., Flick D., Commere b.: *Analysis of use of insulating pallet covers for, shipping heat-sensitive foodstuffs in ambient conditions*, Computers and Electronics in Agriculture, 34 (2002) 89–109
- [12] www.thermoking.com