

TECHNOLOGIE MATERIAŁÓW ZMIENNOFAZOWYCH W TRANSPORCIE

Streszczenie

Jednym z trzech największych konsumentów energii jest transport, dla którego poszukuje się nowych rozwiązań technicznych. Ich celem jest ograniczenie zużycia paliw nieodnawialnych, a więc i ograniczenia emisji do atmosfery. Obok silników, które zużywają najwięcej energii, pojazdy samochodowe wyposażone są w systemy wspomagające pracę kierowców. Jednymi z nich są energochłonne systemy grzewcze i klimatyzacyjne, które montuje się w samochodach nie tylko dla wygody, ale przede wszystkim ze względu na bezpieczeństwo ruchu. Silnik spalinowy przetwarza jedynie około jednej trzeciej wydzielanego ciepła. Ogromna jego część jest rozpraszana do atmosfery podczas jazdy. Zasadnym jest więc jej zmagazynowanie do wykorzystania, szczególnie podczas postoju do utrzymania lub wstępnego przygotowania do dalszej jazdy, właściwego stanu termicznego pojazdu. W pracy omówiono przegląd technologii magazynowania niskotemperaturowej energii cieplnej do wykorzystania w transporcie samochodowym. Zamieszczono specyfikację dostępnych substancji zmiennofazowych.

WSTĘP

Środowisko klimatologów oraz naukowców zajmujących się ochroną środowiska od pewnego czasu lansuje tezę o wpływie emisji gazów cieplarnianych na postępujące ocieplenie, co potwierdzają pomiary coraz wyższych średniorocznych temperatur. Dodatkowym argumentem są lokalnie występujące upały, również w Polsce, i związane z tym gwałtowne burze i wiatry o cechach huraganu. Panaceum na trwałe odwrócenie takich postępujących zagrożeń ma być radykalne zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, co jest związane z ograniczeniem zużycia paliw nieodnawialnych. O ile dyskusja o zmianach klimatycznych nie wydaje się szybko zakończyć, to postulat zmniejszenia ich udziału na rzecz energii odnawialnej jest wysoce zasadny.

Jednym z trzech największych konsumentów energii jest transport, dla którego poszukuje się nowych rozwiązań technicznych, np. poprzez zastąpienie napędu klasycznego elektrycznym i hybrydowym. Obok silników, które zużywają najwięcej energii, pojazdy samochodowe wyposażone są w systemy wspomagające pracę kierowców. Jednym z nich jest system grzewczy i klimatyzacyjny, które montuje się w samochodach nie tylko dla wygody, ale przede wszystkim ze względu na bezpieczeństwo ruchu. Dotyczy to przede wszystkim kierowców pokonujących długie trasy lub prowadzących pojazdy w ośrodkach o dużym natężeniu ruchu. Długi pobyt we wnętrzu samochodu, w którym panują niekorzystne warunki termiczne, może powodować dodatkowe zmęczenie i przyczyniać się do zwiększenia wypadków. Niekorzystna temperatura podczas prowadzenia pojazdu jest klasyfikowana na trzecim miejscu, za alkoholem i pasami bezpieczeństwa, pośród najniebezpieczniejszych czynników wpływających na częstość występowania wypadków [1]. Jak wykazano [2], poruszanie się samochodem przy ekstremalnych temperaturach powietrza zewnętrznego (5°C i 35°C) było daleko mniej efektywne w porównaniu z testami prowadzonymi w identycznych warunkach, lecz przy temperaturze we wnętrzu równej 20°C. Problem ten dostrzegli również producenci urządzeń wspomagających układ klimatyzacji dla samochodów ciężarowych, które po wymuszonym przepisami lub rozładunkiem towaru postoju wymagają doprowadzenia do właściwego stanu termicznego kabiny. Zwykle są to niezależnie pracujące urządzenia o niewielkiej mocy, zasilane tym samym paliwem co silnik i włączane z odpowiednim wyprzedzeniem, by nagrzać lub schłodzić wnętrze.

Silnik spalinowy przetwarza jedynie około jednej trzeciej wydzielanego ciepła. Ogromna jego część jest rozpraszana do atmosfery podczas jazdy. Zasadnym jest więc jej zmagazynowanie do wykorzystania jej w trakcie koniecznych postojów pojazdu do celów grzewczych - klimatyzacyjnych. Wynikiem takich działań są nie tylko korzyści ekonomiczne związane z ograniczeniem zużycia paliwa ale i ekologiczne, gdyż obniżają emisję spalin.

Magazynowanie energii zwykle realizuje się poprzez dołączenie do systemu odpowiedniego akumulatora ciepła. Jego rozładowanie zezwala na odzysk energii w okresie jej braku lub ograniczonej dostępności. Problem stosunkowo krótkiego czasu składowania ciepła można efektywnie rozwiązać poprzez wykorzystanie rozmaitych technologii magazynowania, które prowadzą do zmiany energii wewnętrznej substancji w postaci ciepła jawnego lub lepiej utajonego.

1. MAGAZYNOWANIE ENERGII TERMALNEJ

Zastosowanie technologii składowania energii cieplnej (thermal energy storage - TES) pozwala rozwiązać takie problemy jak: różnice w porach dostępności energii z czasem jej zapotrzebowania, zabezpieczenie ze względu na bezpieczeństwo dostaw energii oraz stabilizację termiczną i zabezpieczenie przed przegrzaniem, bądź przechłodzeniem.

Głównymi obszarami badań w tej dziedzinie są poszukiwania najkorzystniejszych materiałów oraz analiza termodynamiczna ze względu na optymalne warunki wymiany ciepła dla przewidywanych zastosowań.

Możliwe metody magazynowania energii termalnej przedstawiono na Rys.1.

Praktyczne zastosowanie mają metody chemiczne i termiczne, które wykorzystują ciepło jawne i utajone. Systemy termochemiczne bazują na energii zaabsorbowanej i oddanej w trakcie odwracalnych endotermicznych przemian chemicznych i w termochemicznych procesach tj. sorpcja i desorpcja. Zaletami tego rozwiązania jest możliwość magazynowania produktów reakcji w temperaturze otoczenia, wysoka gęstość magazynowania energii, dobre możliwości kontroli oraz wykorzystanie procesów sorpcji w układach chłodzących. Dodatkowo możliwym jest przechowywanie zaabsorbowanej energii w dłuższych okresach czasu. Ich wadą jest postępująca

degradacja ich właściwości akumulacyjnych wraz z ilością cykli ładowania i rozładowania.

Magazynowanie ciepła jawnego odbywa się poprzez podgrzewanie cieczy lub ciała stałego.

W takich układach ilość przechowywanej energii zależy do ciepła właściwego materiału, zmiany temperatury oraz masy substancji magazynującej. Najczęściej stosowanym medium jest woda, powszechnie wykorzystywana w układach ciepłowniczych. Do innych substancji powoływanych w tym celu zaliczyć można skały, kamienie, a także oleje i organiczne związki chemiczne z grupy alkoholi w postaci płynnej.

Magazynowanie ciepła utajonego odbywa się poprzez wykorzystanie procesu zmiany fazy z ciała stałego na ciecz albo cieczy w gaz i odwrotnie. Substancje stosowane w tym celu to materiały zmienno fazowe – PCM (Phase Change Material). Pojemność cieplna takiego procesu zależy nie tylko od różnicy temperatur, masy i ciepła właściwego materiału ale także od jego entalpii zmiany fazy.

Magazynowanie ciepła utajonego składa się z trzech etapów. W pierwszym mówimy o ogrzewaniu substancji akumulującej do osiągnięcia temperatury zmiany fazy, następny proces jest związany z przejściem fazowym, a po jego zakończeniu z ogrzewaniem materiału. W takich układach ciepło magazynowane jest więc w postaci ciepła jawnego i utajonego, co przedstawiono na Rys.2.

Przy wykorzystywaniu substancji zmienno fazowych uzyskujemy wysoką gęstość magazynowania energii, dzięki czemu możliwe jest zgromadzenie większej ilości ciepła w porównaniu z procesami jawnymi. Ponadto, podczas rozładowania utrzymywana jest stała temperatura odbioru, co jest ważne w wielu procesach technologicznych, ale też przy zaopatrzeniu w chłód dla celów klimatyzacyjnych [3].

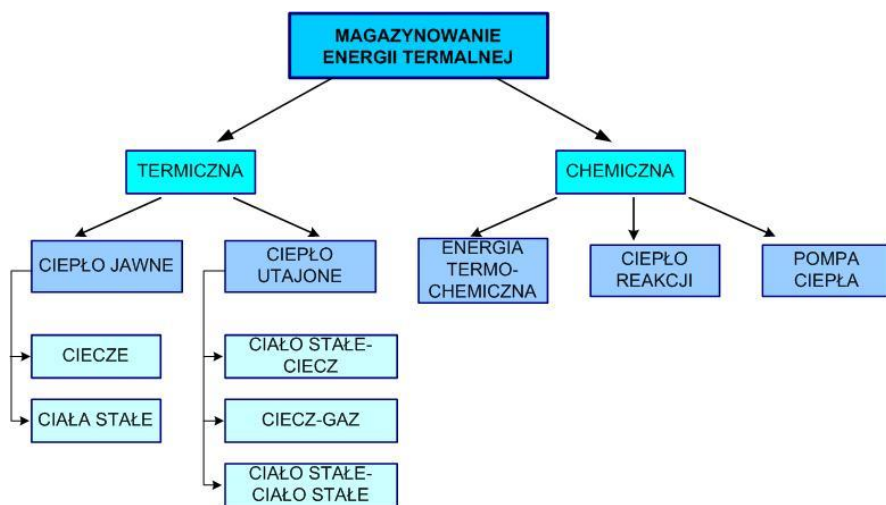
W zależności od wymagań, możemy stosować substancje zmienno fazowe w różnym przedziale temperaturowym oraz o różnych parametrach cieplnych. Biorąc pod uwagę szerokie spektrum tych materiałów, możliwe jest użycie substancji zmienno fazowych zarówno do gromadzenia chłodu [4] jak i ciepła na cele zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową [5] i ogrzewania.

2. MAGAZYNOWANIE ENERGII W POJAZDACH

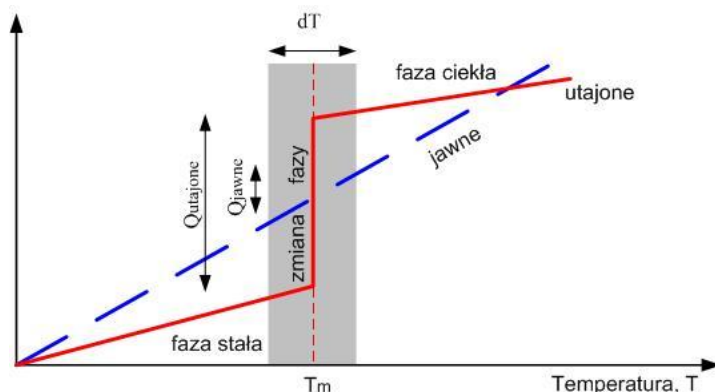
Jednym ze sposobów ograniczenia zużycia energii jest magazynowanie energii poprzez wykorzystanie zjawisk zmienno fazowych w samochodach elektrycznych oraz hybrydowych, w których baterie powinny pracować w ograniczonym zakresie temperatur. Przekroczenie temperatury maksymalnej lub minimalnej powoduje zwiększenie kosztów działania tych pojazdów poprzez skracanie czasu życia akumulatorów. Dobrym i stosowanym rozwiązaniem jest wykorzystanie do tego celu substancji zmienno fazowych, które pobierając ciepło podczas procesu zmiany fazy nie tylko ograniczają, ale też i stabilizują temperaturę ich pracy. Natomiast w trakcie procesu rozładowywania (solidyfikacji), ciepło jest uwalniane, co powoduje podgrzewanie do temperatury wymaganej.

Najchętniej stosowane w samochodach elektrycznych oraz hybrydowych są baterie litowo-jonowe. Dla utrzymania optymalnej ich pracy zaproponowano liczne rozwiązania w postaci np. elementu w formie osłony z substancją zmienno fazową otaczającą akumulator lub wtopienie PCM w warstwę spienioną występującą pomiędzy ogniwami baterii [6]. Prowadzone badania dotyczą substancji jednorodnych lub kompozycji materiałów zmienno fazowych tak, by uzyskać pożądane właściwości [7] dla normalnego jak i szczytowego okresu pracy [8].

Jedną z częściej stosowanych substancji do magazynowania



Rys. 1. Podział metod magazynowania energii termalnej



Rys. 2. Magazynowanie energii przy wykorzystaniu procesu zmiany fazy czynnika.

energii jest parafina [7,9]. Może ona być skomponowana z elementami węglowymi. Ich dodatek w postaci grafitu lub nanocząstek powoduje zwiększenie współczynnika przewodzenia ciepła, co ogranicza czas ładowania lub rozładowania zasobników energii [10]. W zależności od procentowej zawartości dodatku grafitu otrzymuje się nawet dwukrotny wzrost przewodności cieplnej parafiny, zaś dodatek HDPE ok. 4-krotnie a aluminium nawet 20-krotnie [11].

Podobne problemy występują podczas użytkowania ogniw fotowoltaicznych. Podczas długotrwałej pracy takich systemów w warunkach silnego napromieniowania dochodzi do przegrzewania się ogniw i obniżenia sprawności przetwarzania energii promienistej na elektryczną. Już w 1993r [12] zastosowano PCM o temperaturze topnienia wyższej od temperatury operacyjnej układu ale mniejszej od temperatury, w której instalacja ulega uszkodzeniu. Od tego czasu badania teoretyczne i eksperymentalne są intensywnie prowadzone dla usprawnienia ich działania, które przy odpowiedniej sprawności i przystępnej cenie mogą znaleźć szersze zastosowanie również w transporcie.

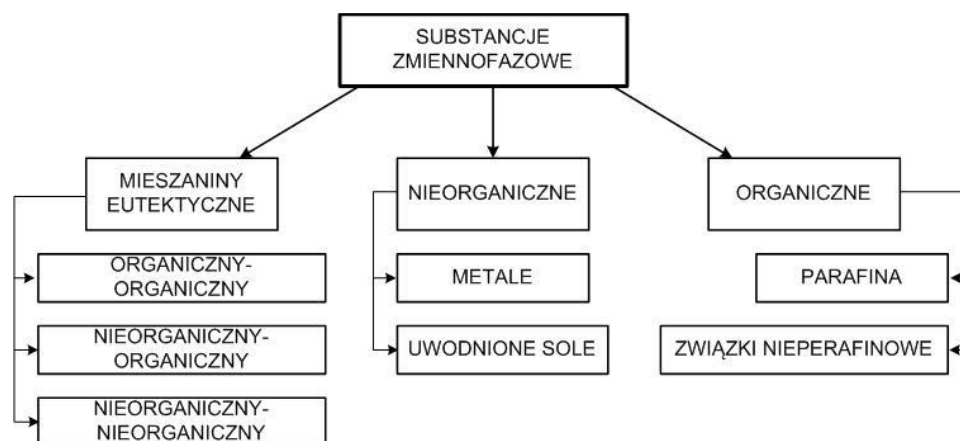
Substancje zmiennofazowe mogą również zostać wykorzystane do dłuższego podtrzymywania temperatury silnika po jego wyłączeniu, co prowadzi do znacznego obniżenia zużycia paliwa przy uruchamianiu zimnego silnika, a czego końcowym efektem jest ograniczenie produkcji gazów cieplarnianych [13]. Obiecujące wydaje się również zastosowanie materiałów zmiennofazowych do odzysku ciepła odpadowego odbieranego z układu wylotowego, szczególnie w punktach o wysokiej temperaturze.

3. PRZEGLĄD STOSOWANYCH MATERIAŁÓW

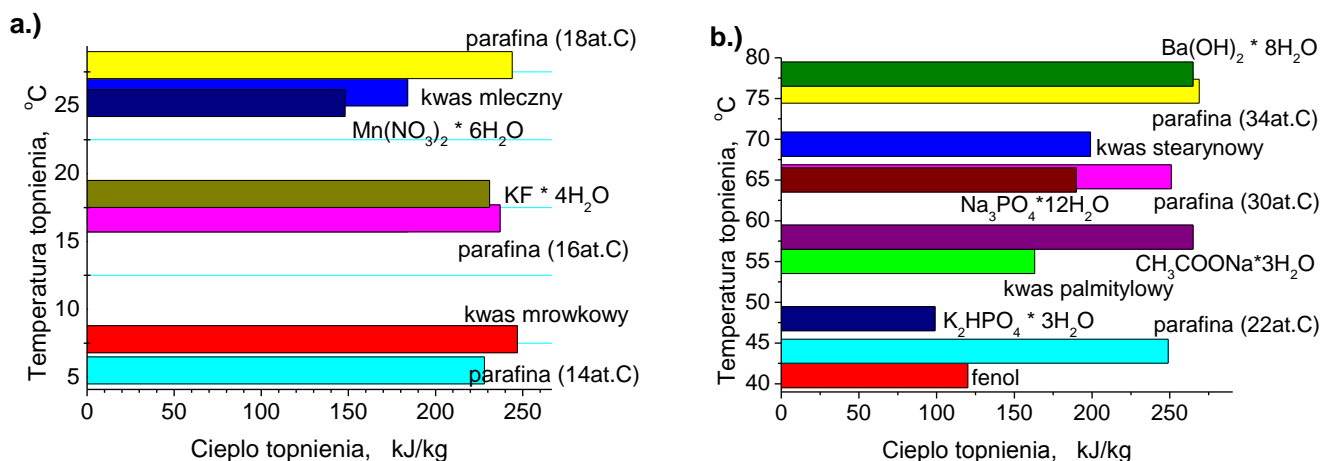
Materiały wykorzystywane do akumulacji energii powinny charakteryzować się dużą pojemnością cieplną oraz - ze względu na warunki wymiany ciepła - możliwie wysoką przewodnością. Ponadto konieczny jest dobór substancji odpowiedniej do zadanego procesu, czyli o temperaturze zmiany fazy w wymaganym zakresie. Istotne wydają się także takie parametry jak możliwie mała zmiana objętości w trakcie procesu zmiany fazy, niekorozyjność, nietoksyczność oraz niski koszt. W tym celu stosuje się różnego rodzaju substancje, których podział przedstawiono na Rys.3. W porównaniu z nieorganicznymi, substancje organiczne PCM zmieniają stan skupienia bez rozwarstwienia, dzięki czemu nie obserwuje się ich zmiany właściwości fizycznych, w tym przede wszystkim ciepła właściwego. Warto podkreślić również ich niską korozyjność [14].

Spośród zaprezentowanych (Tab. 1), substancjami najczęściej stosowanymi i badanymi są kwasy tłuszczowe [15], tj. kwas palmitynowy czy stearynowy, o temperaturze topnienia w zakresie 50 - 70oC oraz uwodnione sole [16]. Poza solami i kwasami jedną z najbardziej obiecujących substancji wydaje się być parafina stosowana w układach ciepłej wody użytkowej, klimatyzacyjnych itp. Ze względu na dostępność i stosunkowo niską cenę jest ona najczęściej badanym materiałem zmiennofazowym.

Materiały zmiennofazowe charakteryzują się niską przewodnością cieplną, co ogranicza czas procesów ładowania i rozładowania. Polepszenie dynamiki tych procesów jest możliwe poprzez zastosowanie dodatków modyfikujących ten parametr. Wykorzystywane są dodatki cząsteczek o wysokiej przewodności, w postaci granul



Rys. 3. Klasyfikacja substancji zmiennofazowych.



Rys. 4. Ciepło topnienia dla różnych substancji zmiennofazowych dla potrzeb a.) magazynowania chłodu, b.) magazynowania ciepła.

lub włókien metali i innych materiałów zwiększających przewodność cieplną np. grafitu. W niektórych rozwiązaniach stosuje się mieszaniny ze skapsułkowanym PCM umieszczonym w środowisku o dobrej przewodności cieplnej.

Zaletą takiego rozwiązania, oprócz zmiany przewodności cieplnej, jest separacja PCMów, co szczególnie przy materiałach korozyjnych, degradowalnych w skutek rozwarstwienia, itp. wpływa korzystnie na pracę systemu. Wielkość zamkniętych kapsuł jest wynikiem nałożonych wymagań, dotyczących warunków akumulacji i odbierania ciepła. Innym ważnym czynnikiem do rozważenia jest skłonność do rozwarstwiania obydwu składników i ruchów konwekcyjnych w materiale bazowym prowadzących do uwarstwienia i do powstania gradientu temperatury związanych z uwarstwieniem zasobnika. W związku z czym niezbędna jest odpowiednia geometria systemu, zależna od kształtu cząstek lub kapsuł oraz odpowiednia powierzchnia opakowania [17].

PODSUMOWANIE

Potrzeby zachowania odpowiednich warunków klimatu wewnątrz pojazdu pobierają znaczne ilości energii. Problem ten dotyczy głównie pojazdów elektrycznych, w których zasobie jest stosunkowo niska ilość energii elektrycznej.

Temperatura zadana przez kierowców, uznawana za przyjazną do podróży, ustalona jest mniej więcej na średnim poziomie od 22 do 26°C. Jednakże nawet dla instalacji klimatyzacyjnych w standardowych samochodach, utrzymanie temperatury na zadanym poziomie podczas powolnej jazdy lub postoju jest wysoce energochłonne, tym bardziej że w tym okresie zapotrzebowanie na chłód bywa najwyższe. Stąd też spotykane rozwiązania dotyczą magazynowania chłodu do wykorzystania w trakcie szczytowego zapotrzebowania do stabilizacji temperatury w kabinie, szczególnie w trakcie krótkich okresów pracy pojazdu na jałowym biegu, ale też ograniczają obciążenie chłodnicze podczas odpalania po krótkim czasie postoju.

Samochody wyposażone w chłodnie, przewożące produkty, które ze względu na swoje właściwości psują się bez ciągłego mro-

żenia lub chłodzenia, wymagają dodatkowego systemu klimatyzacji. Początkowo badano współpracę chłodziarki z PCM, uzyskując znaczną poprawę efektywności procesu. Stosuje się też rozwiązania z samymi substancjami zmiennofazowymi. Te ostatnie wymagają wcześniejszego ładowania chłodem, dzięki czemu uzyskujemy obniżenie kosztów. Takie rozwiązanie pozytywnie przetestowano podczas 10-godzinnego procesu mrożenia produktów do temperatury -18°C z zastosowaniem PCM o takiej samej wadze jak waga chłodziarki znajdującej się na samochodzie [20]. Proponowane rozwiązania obejmują także wbudowanie PCM w izolację chłodni na samochodach, poprawiając wydajność termalną poprzez integrację struktur [21].

Systemy klimatyzacji pobierają kilkanaście procent mocy silnika, w większości na potrzeby sprężarki. Dlatego też prowadzone są badania nad napędzaniem systemów klimatyzacyjnych poprzez pominięcie elementów elektrycznych i wykorzystanie odzyskiwanego ciepła pochodzącego ze spalin. W tym przypadku również analizowane jest wykorzystanie PCM o temperaturze topnienia tak dobranej, aby utrzymywać temperaturę czynnika odbierającego ciepło na poziomie przyspieszającym odpalenie silnika, ale nie przekraczając temperatury powodującej jego samoistne odpalenie [22].

Jednym z najnowszych proponowanych rozwiązań jest zamiast zwykłego parowacza na taki, który magazynuje ciepło poprzez zastosowanie substancji zmiennofazowej [23]. Wyniki symulacji pokazują, że rozwiązanie to jest obiecujące nie tylko dla samochodów będących w ruchu ale również dla tych odbywających postój. Podobną aplikację odnajdujemy w materiałach Delphi Automotive dla samochodów hybrydowych [24]. Technologia ta pozwala na obniżenie zużycia paliwa do 50% przez systemy klimatyzacyjne i grzewcze w pojeździe, utrzymując jednocześnie odpowiednie warunki komfortu dla pasażera.

Wymuszane restrykcyjnym prawem ciągle ograniczanie emisji w dłuższym okresie czasu spowoduje stosowanie nowych proekologicznych rozwiązań. Jednym z nich jest powszechniejsze wykorzystanie materiałów zmiennofazowych do magazynowania niskotemperaturowej energii cieplnej, której mamy w nadmiarze i która jest rozpraszana w atmosferze tworząc niepożądane efekty termiczne.

Tab. 1. Właściwości fizyczne wybranych PCM [18,19]

Substancja	Temperatura topnienia [°C]	Ciepło topnienia [kJ/kg]	Przewodność cieplna [W/mK]	Gęstość [kg/m ³]
Nieorganiczne:				
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	89	162,8	0,490 (ciecz, 95°C) 0,611 (solid, 37°C)	1 550 (ciecz, 94°C) 1 636 (solid, 25°C)
Ba(OH) ₂ ·6H ₂ O	78	265,7	0,653 (ciecz, 85,7°C) 1,255 (solid, 23°C)	1 937 (ciecz, 84°C) 2 070 (solid, 24°C)
Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	36	146,9	0,464 (ciecz, 39,9°C) --	1 828 (ciecz, 36°C) 1 937 (solid, 24°C)
Organiczne:				
Parafina	64	173,6	0,167 (ciecz, 63,5°C) 0,346 (solid, 33,6°C)	790 (ciecz, 65°C) 916 (solid, 24°C)
Kwasy tłuszczowe:				
Kwas stearynowy	69	202,5	-- --	848 (ciecz, 70°C) 965 (solid, 24°C)
Kwas palmitylowy	64	185,4	0,162 (ciecz, 68,4°C) --	850 (ciecz, 65°C) 989 (solid, 24°C)
Kwas kaprylowy	16	148,5	0,149 (ciecz, 38,6°C) --	901 (ciecz, 30°C) 981 (solid, 13°C)
Aromatyczne:				
Bifenyl	71	119,2	--	991 (ciecz, 73°C)
Naftalina	80	147,7	0,132 (ciecz, 83,8°C) 0,341 (solid, 49,9°C)	976 (ciecz, 84°C) 1 145 (solid, 20°C)

BIBLIOGRAFIA

1. Zlatoper, Th.-J., *Determinants of motor vehicle deaths in the United States: a cross-sectional analysis. special issue: theoretical models for traffic safety*. Accident Analysis and Prevention, 1991.
2. Hein A.M. Daanena, Evertvan de Vliertb, Xu Huang, *Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments*. Applied Ergonomics, 2003
3. Chaurasia P.B.L., *Phase change material in solar water heater storage system*. Proceeding of the 8th International Conference in Thermal Energy Storage. 2000.
4. Simen Edsjø Kalnæs, Bjørn Petter Jelle, *Phase change materials and products for building applications: A state-of-the-art review and future research opportunities*. Energy and Buildings 94, 2015
5. Orzechowski T., Stokowiec K., *Magazynowanie energii solarnej na przykładzie zasobnika z parafiną*. INSTAL - teoria i praktyka w instalacjach 4 (317). 2011.
6. N. Javani, I. Dincer, G.F. Naterer, G.L. Rohrauer, *Modeling of passive thermal management for electric vehicle battery packs with PCM between cells*. Applied Thermal Engineering 73, 2014
7. Ziyue Ling, Jiajie Chen, Xiaoming Fang, Zhengguo Zhang, Tao Xu, Xuenong Gao, Shuangfeng Wang, *Experimental and numerical investigation of the application of phase change materials in a simulative power batteries thermal management system*. Applied Energy 121, 2014.
8. Kizilel R, Sabbah R, Selman JR, Al-Hallaj S., *An alternative cooling system to enhance the safety of Li-ion battery packs*. Journal of Power Sources, 2009.
9. Z.G. Qu, W.Q. Li, W.Q. Tao, *Numerical model of the passive thermal management system for high-power lithium ion battery by using porous metal foam saturated with phase change material*. International Journal of hydrogen energy 39, 2014.
10. N. Javani, I. Dincer, G.F. Naterer, *New latent heat storage system with nanoparticles for thermal management of electric vehicles*. Journal of Power Sources 268, 2014.
11. Zhonghao Rao, Shuangfeng Wang: *A review of power battery thermal energy management*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 2011.
12. Horne WE. *Solar energy system*. Patent number US5269851;1993
13. Gumus M., *Reducing cold-start emission from internal combustion engines by means of thermal energy storage system*. Applied Thermal Energy, 2009..
14. Wójcik T.M. , Pastuszko R. , Wojda M., Kalawa W., *Transitional phenomena on phase change materials*, Proc. Int. Conf. Experimental Fluid Mechanics, Kutna Hora, Czech Republic, 2013,
15. Hasan A., *Thermal energy storage system with stearic acid as phase change material*. Energy Conversion Management 35(10), 1994.
16. Rabin Y., Bor-Miv I., Karin E., *Integrated solar collector storage system based on a salt hydrate phase change material*. Solar Energy 55(6), 1995.
17. Farid M.M., Khudhair A.M., Razack S.A., Al-Hallaj S., *A review on phase change energy storage: materials and application.*, Energy Conversion and Management 45, 2004.
18. Dincer I., Rosen M.A.: *Thermal Energy Storage. Systems and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, England. 2002.
19. Merwe D.F., et al., *Pressure drop measurements for turbulent air flow through a packed bed*. American Institute of Chemical Engineers 17, 1971.
20. Liu M, Saman W, Bruno F., *Development of a novel refrigeration system for refrigerated trucks incorporating phase change material*. Applied Energy, 2012.
21. Ahmed M, Meade O, Medina M A., *Reducing heat transfer across the insulated walls of refrigerated truck trailers by the application of phase change materials*. Energy Conversion Management, 2010.
22. Pandiyarajan V, Pandian MC, Malan E, Velraj R, Seeniraj RV., *Experimental investigation on heat recovery from diesel engine exhaust using finned shell and tube heat exchanger and thermal storage system*. Applied Energy, 2011.
23. Quansheng Zhang, Marcello Canova, *Modeling air conditioning system with storage evaporator for vehicle energy management*. Applied Thermal Engineering 87, 2015,
24. Craig T, O'Brien J, Polisoto D, Wolfe N., *Integrated air conditioning evaporator with phase change material for thermal storage (presentation)*. In: Proceedings SAE Automotive Refrigerant and System Efficiency Symposium. Scottsdale, AZ; 2010 July 13–15.

PHASE CHANGE MATERIALS TECHNOLOGIES IN TRANSPORTATION

Abstract

There are new technological solutions sought for transportation since it is one out of the three biggest energy consumers. The aim of the research is the limitation in non-renewable energy resources usage as well as the limitation of emissions to the atmosphere. The engines consume the greatest amounts of energy but the vehicles are also equipped with the systems that support the drivers' work. One of them are energy-consuming heating and air-conditioning systems that are installed not only as conveniences but most of all due to the traffic safety. A combustion engine converts only one third of the emitted heat. The major fraction of it is dissipated into the atmosphere during its operation. Therefore it is justified to store that heat in order to employ it. The applications include keeping the proper thermal state of the vehicles, especially during stopovers, or initially prepare for further drive. The paper presents a review of the storage technologies of the low-temperature heat energy for vehicle transportation usage. The specification of available Phase Change Materials was included.

Autorzy:

Dr hab. inż. **Tadeusz Orzechowski**, prof. PŚk– Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

mgr inż. **Katarzyna Stokowiec** – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach