## Streszczenie

Celem rozprawy doktorskiej jest zwiększenie przewodności cieplnej niskotemperaturowych organicznych materiałów zmiennofazowych (PCM) poprzez dodanie do nich nano-domieszek. Ponadto w pracy doktorskiej skupiono również uwagę na określenie wpływu domieszek na zdolność do akumulacji energii cieplnej badanych materiałów, a także ocenę możliwości praktycznego zastosowania nano-domieszkowanych materiałów zmiennofazowych (NEPCM) w magazynach energii. Analiza dotychczasowych osiągnięć w tematyce magazynowania energii przy użyciu PCM wykazała, że ważnym ograniczeniem w implementacji zmiennofazowych magazynów energii (LHTES) jest niska przewodność cieplna PCM (zwłaszcza organicznych), która wydłuża czas ładowania i rozładowania magazynów, a w konsekwencji eliminuje możliwość zastosowania tych magazynów w niektórych instalacjach grzewczych i chłodniczych. Dotychczas podejmowane działania w kierunku intensyfikacji wymiany ciepła poprzez propozycje różnych konstrukcji LHTES skutkują również zmniejszeniem ilości materiału akumulacyjnego w magazynie. To spowodowało, że w ostatnich latach rozpoczęto prace nad bezpośrednim zwiększaniem przewodności cieplnej PCM w wyniku dodawania do nich domieszek o wysokiej przewodności cieplnej. Jak wskazują dotychczasowe badania, dodawanie nanomateriałów do PCMów pozwala na potencjalne zwiększanie ich przewodności cieplnej, ale efekt ten nie jest osiągany zawsze. Ponadto na podstawie dotychczasowych badań opisanych w literaturze trudno jest wprost określić lub przewidywać wpływ poszczególnych nanomateriałów i ich udziału masowego na przewodność cieplną i inne własności termofizyczne wybranych grup związków chemicznych stanowiących materiały zmiennofazowe. Powoduje to, że wymagane są indywidualne badania. Oprócz tego tylko w pojedynczych pracach dostrzega się problem stabilności nano-domieszkowanych materiałów, co może stanowić przeszkodę w ich zastosowaniu w magazynach energii i wymaga podjęcia dalszych działań badawczych. Dlatego w rozprawie doktorskiej podjęto prace nad wyznaczeniem charakterystyk przewodnictwa cieplnego i pojemności cieplnej wybranych niskotemperaturowych organicznych PCM z domieszkami, z uwzględnieniem zawartości wagowej zastosowanych dodatków (nanocząstek). Podjęto także badania prowadzące do określenia stabilności nano-domieszkowanych PCM i ich stosowalności w magazynach energii.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, wprowadzający w kontekst konieczności magazynowania energii oraz przedstawia pokrótce technologie magazynowania energii termicznej, a także uzasadnia potrzebę rozwoju magazynowania energii z wykorzystaniem materiałów zmiennofazowych.

Rozdział drugi prezentuje aktualny stan wiedzy na temat własności materiałów zmiennofazowych i ich użycia do akumulacji energii, pokazuje obszary zastosowań i dotychczasowe rozwiązania konstrukcyjne magazynów energii z materiałami zmiennofazowymi, a także przestawia ograniczenia, wyzwania i aktualne kierunki rozwoju badań nad ulepszaniem materiałów zmiennofazowych i zmiennofazowych magazynów energii.

Rozdział trzeci przedstawia cel, tezę i zakres rozprawy doktorskiej.

Rozdział czwarty opisuje przyjętą w pracy doktorskiej metodykę badań eksperymentalnych własności termofizycznych bazowych i nano-domieszkowanych materiałów zmiennofazowych, uzasadnia wybrane metody pomiarowe, prezentuje budowę stanowisk badawczych oraz specjalistycznych przyrządów pomiarowych użytych podczas realizacji badań.

Rozdział piąty przedstawia wyniki eksperymentalnych badań własności termofizycznych wybranych bazowych niskotemperaturowych materiałów zmiennofazowych o nazwach RT22 HC i RT28 HC. Porównuje wyniki pomiarów pojemności cieplnej i temperatury przemiany fazowej otrzymane trzema różnymi metodami (T-history i DSC – otrzymane w efekcie własnych badań eksperymentalnych, 3LC – pomiary producenta PCM), a także wyniki własnych pomiarów przewodności cieplnej przy pomocy dwóch metod (gorącego drutu i rurowego aparatu Poesngena), aby dokładnie określić własności badanych materiałów zmiennofazowych przed dodaniem do nich domieszek.

Rozdział szósty prezentuje sposób przygotowania materiałów zmiennofazowych z wybranymi domieszkami (nanocząstkami grafenu lub tlenku tytanu (IV) plus surfaktant SDBS) i wyniki własnych badań eksperymentalnych ich własności termofizycznych. Rezultatem badań nad poprawą przewodnictwa cieplnego są charakterystyki współczynnika przewodności cieplnej nano-domieszkowanych materiałów zmiennofazowych w zależności od zawartości wagowej domieszek. Opisano też wpływ zastosowanych domieszek na zdolność akumulacji energii i pokazano charakterystyki częściowej i całkowitej zmagazynowanej energii w zależności od udziału wagowego użytych domieszek oraz charakterystyki współczynnika przewodności cieplnej nano-domieszkowanych materiałów zmiennofazowych w zależności od zmagazynowanej energii, co pozwala na dobór zawartości wybranych domieszek.

Rozdział siódmy obejmuje badania wizualne stabilności zawiesiny w nano-domieszkowanych materiałach zmiennofazowych, w których wykazano problem sedymentacji w materiałach zmiennofazowych z domieszkami oraz osiadania nanocząstek.

Rozdział ósmy skupia się na przedstawieniu nowej metody przeciwdziałania skutkom sedymentacji nanocząstek z nano-domieszkowanych materiałów zmiennofazowych – opisano zastosowanie procesu barbotażu i określono jego skuteczność. Ponadto w tym rozdziale opracowano wytyczne dla magazynów energii z nano-domieszkowanymi materiałami zmiennofazowymi i zaproponowano nową konstrukcję magazynu energii cieplnej.

Rozdział dziewiąty stanowi podsumowanie, w którym przedstawiono najważniejsze wyniki badań i wnioski z realizowanych prac badawczych, wyszczególniono wkład autorki rozprawy doktorskiej do stanu wiedzy i określono zakres prac do realizacji w przyszłości.