

---

## Streszczenie

W niniejszej pracy zaprezentowano wyniki długotrwałych badań poligonowych i laboratoryjnych związanych z oceną i analizą wykorzystania materiałów zmiennofazowych do modyfikowania budowlanych przegród przezroczystych i elementów z nimi współpracujących, celem poprawy ich efektywności energetycznej.

Badania laboratoryjne obejmowały opracowanie i wytworzenie niezbędnej do przeprowadzenia dalszych eksperymentów ilości autorskiego materiału zmiennofazowego. Uzyskany materiał zmiennofazowy miał formę mieszaniny eutektycznej, uzyskanej na bazie palmitynianu propylu i stearynianu butylu.

Dodatkowo w trakcie badań laboratoryjnych opracowano prototyp mobilnej, wewnętrznej żaluzji okiennej, która dzięki zastosowaniu powłok kopolimerowych mogła szczelnie utrzymywać w swoim wnętrzu aplikowanego materiał zmiennofazowy.

W ramach badań poligonowych, prowadzonych w długim okresie czasu, przetestowano dwa rozwiązania zawierające w swej strukturze materiały zmiennofazowe. W trakcie powyższych badań uwzględniono rozwiązanie wewnętrznej, pionowej żaluzji wewnętrznej oraz okno zespolone, gdzie w obrębie pustki powietrznej, między pakietami szybowymi, umieszczono akumulator z PCM, pokryty powłoką absorpcyjną. Doświadczenia prowadzono pod kątem oceny zdolności do efektywnego ładowania i rozładowywania akumulatorów ciepła zawierających PCM w okresie dobowym oraz oceny wpływu ich funkcjonowanie na bilans energetyczny, zlokalizowanych przy nich przegród przezroczystych.

Uzyskane wyniki potwierdziły zasadność stosowania powyższych rozwiązań w określonych warunkach klimatu zewnętrznego oraz konfiguracji parametrów pakietów szybowych. Powyższe rozwiązania powodowały lepsze dopasowanie zysków od promieniowania słonecznego do profilu zapotrzebowania na ciepło pomieszczenia jedynie w krótkich okresach czasu, w trakcie słonecznych dni sezonu grzewczego. Odnosząc uzyskane wyniki do polskich warunków klimatycznych i niezbyt dużych dobowych insolacji promieniowania słonecznego w sezonie grzewczym, badane rozwiązania, funkcjonujące na przestrzeni całego

---

okresu grzewczego, osiągały gorsze wartości bilansu energetycznego przegrody przezroczystej niż funkcjonujące równoległe okno referencyjne.

Równoległe do prowadzonych badań autor stworzył model numeryczny na bazie równań metody różnic skończonych w układzie jawnym. Pozwalał on określić potencjalne zyski związane z zastosowaniem PCM w rozwiązaniu okna zespolonego przy wykorzystaniu 6 kombinacji jedno dwu i trój szybowych pakietów oraz różnych klimatów zewnętrznych. Weryfikację uzyskanego modelu przeprowadzono poprzez powierzenie hipotezy zerowej testu Snedecora - Fischera. Zrealizowano to poprzez porównanie wariancji populacji wyników mierzonych doświadczalnie i uzyskanych z modelu oraz późniejszą ocenę dopasowania wartości empirycznych i teoretycznych przy pomocy metody quasi Newtona. Zweryfikowany model pozwolił na wykonanie symulacji bilansów ciepła dla całego okresu sezonu grzewcze dla trzech typów klimatu: śródziemnomorskiego, umiarkowanego i umiarkowanego chłodnego.

W części podsumowującej pracy autor odniósł się do uzyskanych wyników badań i ich analiz w kontekście postawionej tezy pracy, wskazując jej spełnienie w określonych warunkach.

---

## Summary

This work presents the results of long-term polygon and laboratory research related to the assessment and analysis of the use of phase-change materials. The latter are used to modify transparent building partitions and associated components in order to improve their energy efficiency. Laboratory tests included the development and production of the necessary amount of phase-change material. These results can be used for further research. The resulting phase change material was in the form of a eutectic mixture based on propyl palmitate and butyl stearate. During the laboratory tests a mobile prototype of the internal window shutter was developed, in which copolymer coatings were used to tightly close in the applied phase-change material inside. As part of field tests conducted over a long period of time, two solutions containing phase-change materials were tested. During the research, two solutions of the vertical internal shutter and composite window were considered, where in the air space between the glazing, there was a PCM battery coated with an absorbent coating. The experiments were conducted in terms of assessing the ability of effectively charging and discharging heat accumulators containing PCM on a daily basis. They were also conducted to assess the impact of their functioning on the energy balance and the transparent partitions located next to them. The results that were obtained confirmed the validity of the two solutions mentioned above in specific outdoor climate conditions and the configuration of the glass set parameters. The solutions mentioned above resulted in better matching of profiles from solar radiation to the room heating demand profile, only for short periods of time, during the sunny days of the heating season. Referring the results obtained to Polish climatic conditions, where there is not a very large diurnal solar radiation insolation during the heating season, the tested solutions (functioning throughout the entire heating period), achieved worse values of the energy balance of the transparent partition than the reference window operating in parallel. In addition to the research, the author created a numerical model based on the equations of the finite difference method in an explicit system. It allowed the determination of the potential profits associated with the use of PCM in a composite window solution using six combinations of single, double and triple glazing as well as various outdoor climates. The model obtained was verified by entrusting the null hypothesis to the Snedecor-Fischer test.

---

This was done by comparing population variances of results measured experimentally and obtained from the numerical model, followed by the assessment of the matching of empirical (experimental) and theoretical values (obtained from the numerical model) using the Newton's quasi-method. The verified model allowed simulation of heat balances for the entire period of the heating season for three types of climate: *Mediterranean*, *moderate* and *moderate cool*.

In the summary, the author has referred to the results of the research undertaken and its analysis in the context of the work's thesis.