



Разработка теплоаккумулирующего материала на основе гексагидрата хлорида кальция

Авторы: Степанюк К.И.;
Тестов Д.С.; Моржухин А.М.; Моржухина С.В.

Введение и актуальность исследования

Современные задачи энергосбережения требуют разработки новых подходов к управлению тепловой энергией. Теплоаккумулирующие материалы (ТАМ) представляют собой класс функциональных материалов, способных накапливать и высвобождать значительное количество тепловой энергии при фазовом переходе. Гексагидрат хлорида кальция ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) является перспективным кандидатом благодаря оптимальной температуре плавления, высокой теплоте плавления и относительной доступности.

Энергоэффективность

Снижение потребления
энергии в системах
отопления и охлаждения

Тепловое буферирование

Стабилизация
температурных колебаний
в помещениях

Устойчивость

Многочисленные циклы без
деградации свойств
материала

Цели и исследовательские задачи

Цель исследования

Разработка функциональных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{ПВС}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{EG} + \text{КМЦ}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{EG} + \text{КМЦ}$ с улучшенными характеристиками стабильности и эффективности.

Задача 1: Получение материала

Комплексное изучение физико-химических свойств гексагидрата хлорида кальция и его поведения при циклических тепловых нагрузках

Задача 2: Исследование материала

Разработка оптимального состава с добавками для повышения кинетической стабильности и предотвращения фазового расслоения.

Задача 3: Валидация

Систематическое исследование термических характеристик и долговечности полученного материала



Получение материала



Рисунок 1 — Схема получения смесей

Полученные данные показывают, что смесь является перспективным материалом для применения в системах пассивного теплосбережения и термальной регуляции.



Ключевые результаты

Успешно синтезирован теплоаккумулирующий материал $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{ПВС}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{EG} + \text{КМЦ}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{EG} + \text{КМЦ}$. Материал демонстрирует устойчивое поведение при циклических тепловых нагрузках.

Исследование составов методами ТИ и ДСК

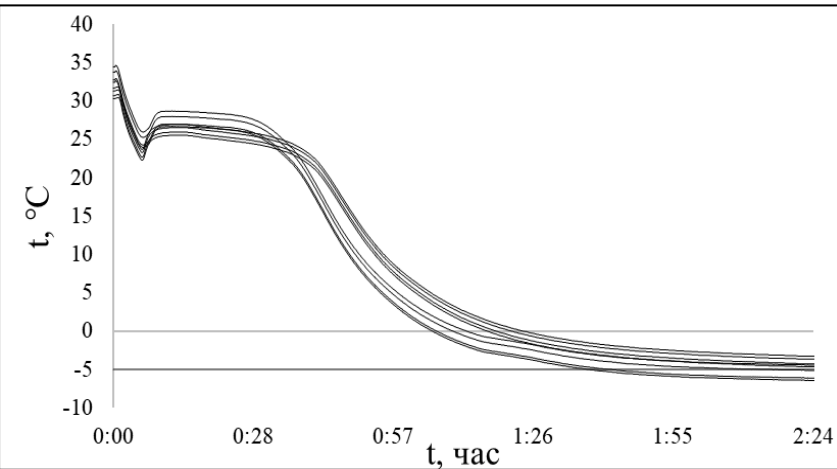


Рисунок 2 — Кривые охлаждения состава $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{EG} + \text{КМЦ}$ в течение 8 циклов нагрева/охлаждения $t_{\text{среды}} = -5^\circ\text{C}$

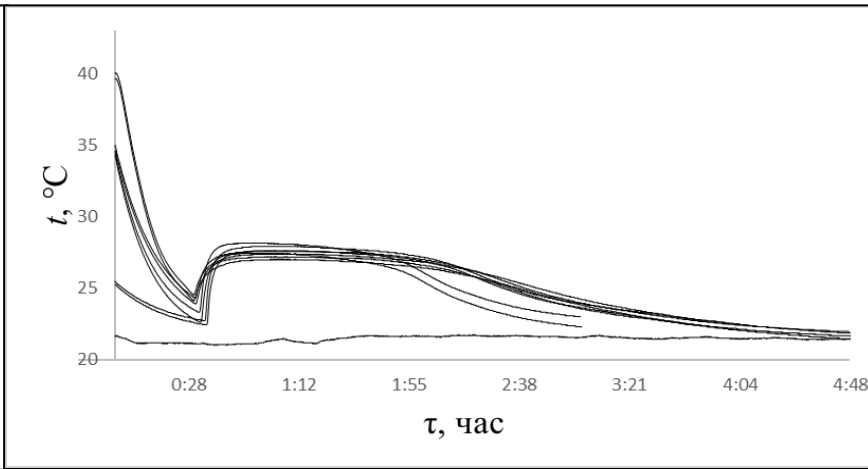


Рисунок 3 — Кривые охлаждения состава $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 1\%\text{CaO} + 2\%\text{ПВС}$ в течение 8 циклов нагрева/охлаждения

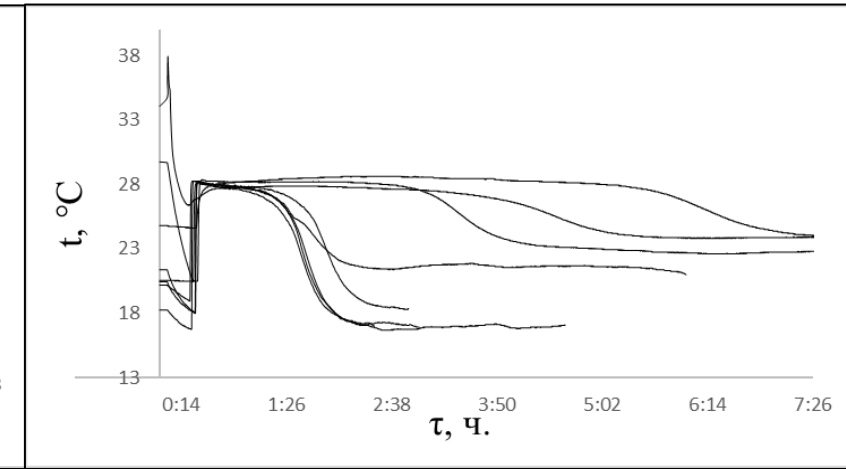


Рисунок 4 — Кривые охлаждения состава $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 5\%\text{EG} + 2\%\text{КМЦ}$ в течение 8 циклов нагрева/охлаждения

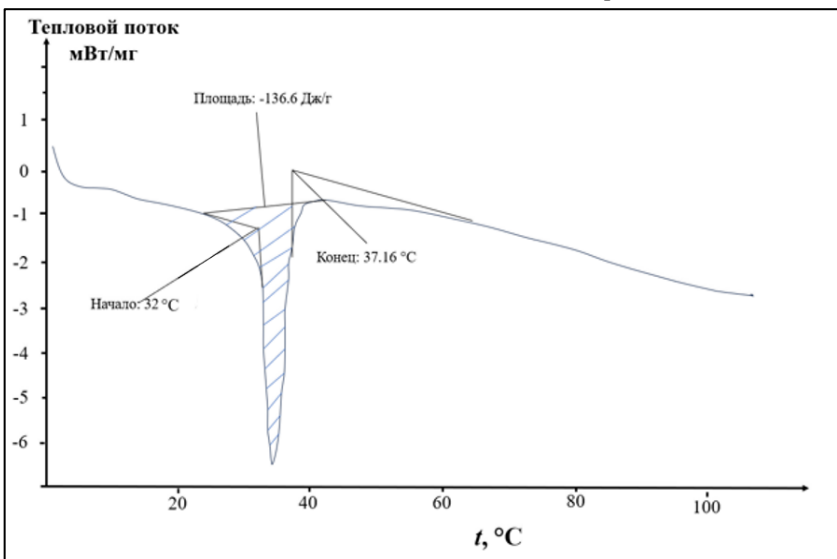


Рисунок 5 — Зависимость теплового потока от температуры состава $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{EG} + \text{КМЦ}$

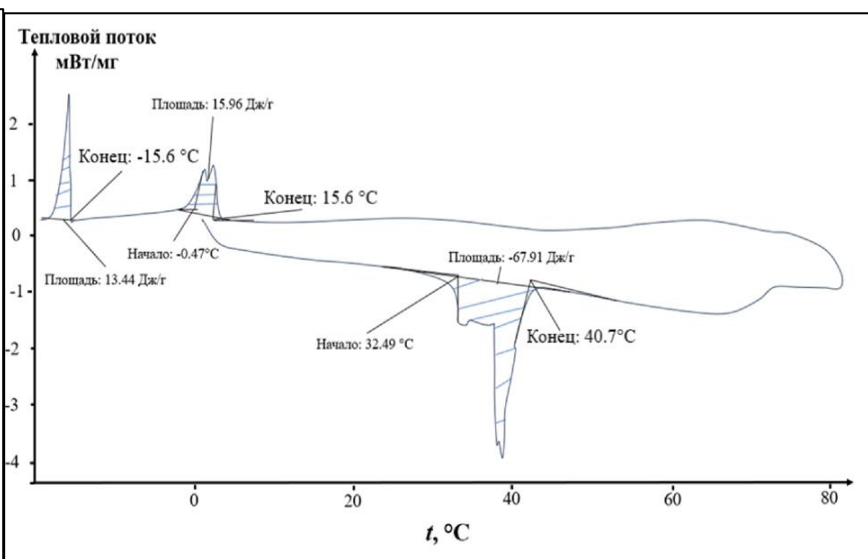


Рисунок 6 — Зависимость теплового потока от температуры состава $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 1\%\text{CaO} + 2\%\text{ПВС}$

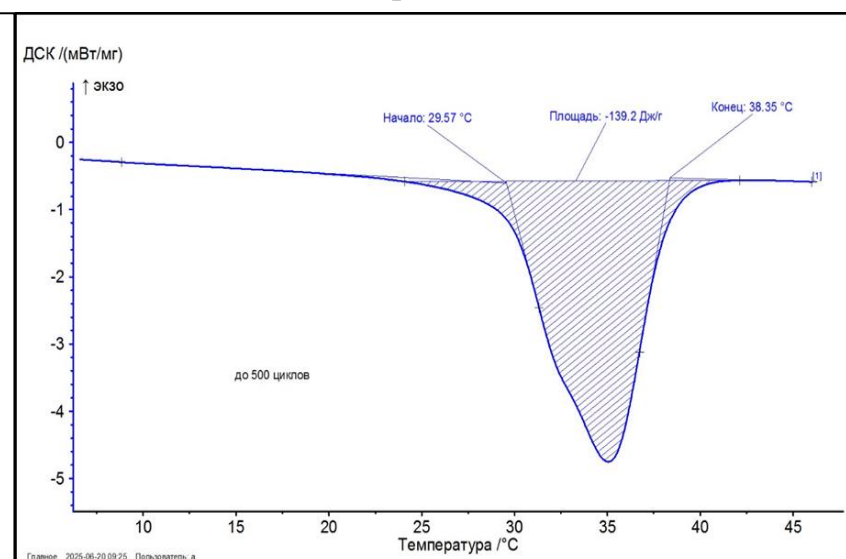


Рисунок 6 — Зависимость теплового потока от температуры $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 5\%\text{EG} + 2\%\text{КМЦ}$

Итоговая таблица со свойствами оптимизированного состава

Таблица 1 — Физико-химические свойства состава до и после термоциклирования

Параметр	CaCl ₂ ·6H ₂ O +CoCl ₂ ·6H ₂ O +EG+КМЦ	
	До термоциклирования	После 500 циклов
$t_{пл.}$ ДСК, °C (±0.1°C)	32.0±0.1	29.2±0.1
$\Delta H_{пл.}$ ДСК, Дж/г (±3%)	136.6±4.1	177.4±5.3
$t_{кр.}$ ТИ, °C (±0.5°C)	26±0.5	26.9±0.5
Δt , ТИ, °C (±0.5°C)	1.2±0.5	1.7±0.5
$\tau_{акк'}$ ТИ, мин.	70±16	134±40
ρ кг/м ³ (±1.25%)	1.62±0.02	1.67±0.02
$\sum \Delta H$, Дж/г (±5%)	102.2±5.1	182.9±9.1
S, МДж/м ³ (±5%)	404.2±20.2	436.5±21.8
c_p . (20°C) ДСК, Дж/(г·°C) (±3%)	3.3±0.2	2.1±0.1

Валидация в системе электрического теплого пола

В результате проведённого исследования разработан эффективный теплоаккумулирующий материал с фазовым переходом на основе гексагидрата хлорида кальция, обладающий оптимальными характеристиками для применения в системах пассивного теплосбережения.

Основные достижения

Разработан стабильный материал с воспроизводимыми тепловыми характеристиками и долговечностью

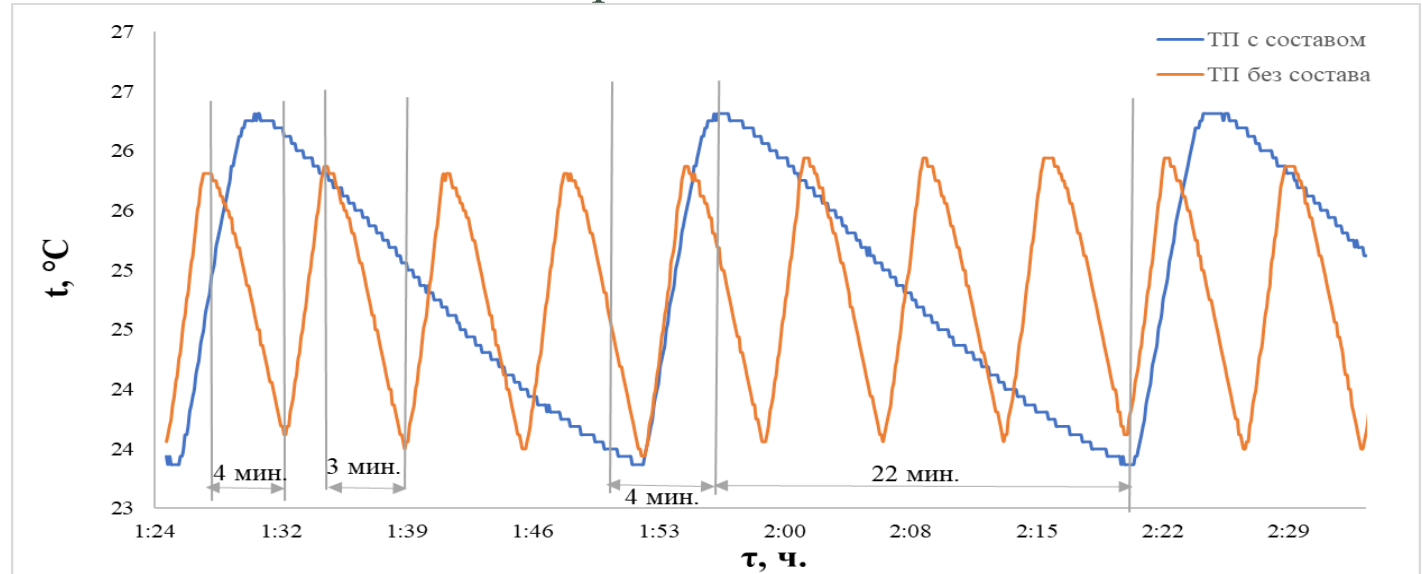


Рисунок 7 — Смесь $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{EG} + \text{КМЦ}$ при термоциклировании в системе электрического теплого пола

Практическое применение

Пригоден для интеграции в строительные конструкции, системы отопления и охлаждения зданий

Перспективы развития

Масштабирование производства, улучшение тепловой проводимости, интеграция в композитные материалы, экономическая оценка внедрения

ВЫВОДЫ

1. Были получены итоговые материалы.
2. Характеристики смесей до и после термоциклирования сохраняются на высоком уровне.
3. Исследование в системе электрического теплого пола показывает, что материал требует меньших затрат на электроэнергию за счет фазового перехода.

Спасибо за внимание!