УДК 544.3.01

ФАЗОПЕРЕХОДНЫЕ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕПЛОГО ПОЛА

А. М. МОРЖУХИН, С. В. МОРЖУХИНА, Д. С. ТЕСТОВ
Государственный университет «Дубна»
Дубна, Россия

Для снижения затрат на работы систем электрического теплого пола предлагается применять теплоаккумулирующие материалы (ТАМ), которые являются буфером для сбора излишнего тепла и снижают перерасход электрической энергии, при этом не дают остывать покрытию пола. Известны различные подходы к выбору материалов по различным критериям (показаны в [1]), в зависимости от которых предлагаются отрасли их применения. Основным критерием является температура фазового перехода до 35 °С. Под этот диапазон подходит кристаллогидрат нитрата цинка.

Электрический теплый пол имеет большие преимущества, которые заключаются в дешевизне монтажа и скорости нагрева. Однако используемые материалы обладают пониженной теплоёмкостью, что способствует быстрому остыванию и увеличению периодов включения. Данные обстоятельства существенно увеличивают затраты на функционирование систем электрического теплого пола. Особенно это проявляется при длительных циклах работы системы. Авторы предлагают использовать в качестве прослойки фазопереходные материалы, т. к. они обладают повышенной емкостью накопления тепла при малых объемах. Использование теплоты плавления для аккумулирования тепла обеспечивает высокую плотность запасаемой энергии при использовании небольших перепадов температур. Таким образом, возможно увеличить время одного цикла нагрева/остывания электрического теплого пола и сократить затраты на электроэнергию, при этом сохранить среднюю температуру на поверхности пола.

Целью работы является поиск оптимального состава фазопереходного ТАМ на основе $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ и его исследование в условиях, приближенных к эксплуатационным.

Проблема стабильности и воспроизводимости фазопереходных материалов является критически важной для успешной интеграции теплоаккумулирующих материалов в системы пленочного теплого пола. Необходима разработка различных формул и методов испытаний, чтобы обеспечить однородность свойств фазопереходных материалов в процессе их эксплуатации. Важно учитывать, что даже небольшие колебания в температуре или составе могут значительно повлиять на эффективность накопления и отдачи тепла, что, в свою очередь, может сказаться на экономической целесообразности использования таких систем.

При помощи факторного анализа в качестве одного из перспективных веществ для получения ТАМ на его основе выбран гексагидрат нитрата цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, который имеет подходящие характеристики по основным параметрам: энтальпии плавления, теплопроводности, теплоемкости, плотности,

вязкости, плотности аккумулирования тепла, температуре плавления [2]. Более того, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ имеет конгруэнтный тип плавления [3].

Основной задачей для первых испытаний является доказательство эффективности применения фазопереходных ТАМ в качестве прослойки в системе пленочного теплого пола. Для этого проведены термические испытания панели, для фиксации времени циклов нагрева/остывания в режиме 25 °С...35 °С.

На рис. 1 наглядно продемонстрировано преимущество использования ТАМ в системе пленочного теплого пола. Панель включается реже, при этом почти в 3 раза дольше сохраняет тепло.

В приближении видно, что длительность работы панели увеличивается в 3 раза, при этом сохраняется быстрый нагрев. Испытания проходили в аналогичных условиях и режимах (рис. 1).

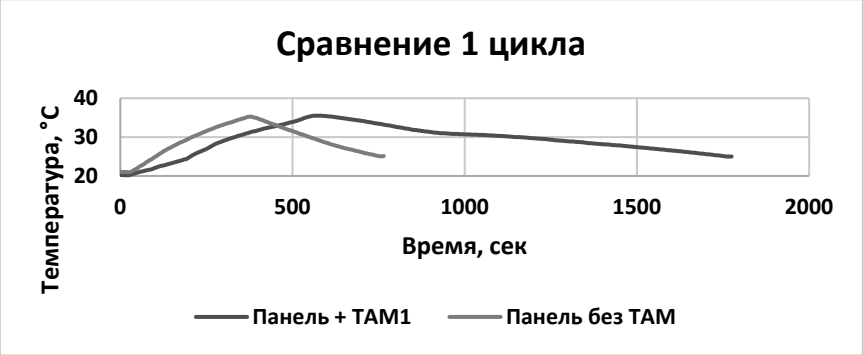

Рис. 1. Сравнение циклов

Перед авторами стоит острый вопрос стабильности и воспроизводимости фазопереходных материалов в системах хранения тепла. Такие материалы позволяют создавать более емкие и компактные системы, при этом обеспечивать стабильное и равномерное распределение тепловой энергии по потребителю.

Устойчивость данных материалов к многократным циклам нагрева и охлаждения станет определяющим фактором их дальнейшего применения в реальных условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания федерального государственного бюджетного учреждения «Российская академия наук» по проектам научных тем по научным исследованиям (№ FEEM-2024-0008), Регистрационный номер 102312200005-0-1.4.3.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Критерии выбора и теплофизические свойства низкотемпературных теплоаккумулирующих материалов для систем хранения тепловой энергии (обзор) / А. М. Моржухин, Д. С. Тестов, С. В. Моржухина, В. Ж. Корокин // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). – 2019. – № 22–27. – С. 92.

2. **Morzhukhin, A. M.** Selection principles and investigation of substances for synthesis of composite medium-temperature phase change materials for space heating and domestic hot water / A. M. Morzhukhin, D. S. Testov, S. V. Morzhukhina // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 989. – P. 165.

3. **Kenisarin, M.** Salt hydrates as latent heat storage materials: thermophysical properties and cost / M. Kenisarin, K. Mahkamov // Sol. Energy Mater. Sol. Cells. – 2016. – Vol. 145. – P. 255.