

СРАВНЕНИЕ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ ДЛЯ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.

Будлянский С.В., асп., Редько А.Ф., проф. д.т.н., Чайка Ю.И., доц., к.т.н.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры.
ул. Сумская 40, г.Харьков, Украина

В связи с удовлетворением возрастающих потребностей населения в топливе, электрической и тепловой энергии, наряду с обеспечением экологической безопасности, возникает необходимость развития возобновляемой энергетики, в частности солнечного теплоснабжения.

Особенностью работы этих систем теплоснабжения является необходимость аккумулирования тепловой энергии, в связи с непостоянством поступления тепла. Стабильность и надежность функционирования таких систем могут быть достигнуты с помощью тепловых аккумуляторов (ТА), заряжаемых в период превышения поступления энергии над потреблением и разряжаемых при превышении потребления.

Энергосистемы с аккумулированием энергии имеют ряд преимуществ: потребители становятся независимыми от непостоянства работы источника энергии (солнечной, ветровой), за счет аккумулирования можно покрыть часть пиковых нагрузок (в большей степени в системах горячего водоснабжения), уменьшить требуемую мощность, и, следовательно, капитальные затраты на источники тепловой энергии. Таким образом, существует необходимость использования тепловых аккумуляторов различных типов не только в системах теплоснабжения, но и в автономных теплоэнергетических комплексах с возобновляемыми энергоресурсами.

Исходя из этого возникает необходимость решения проблемы аккумулирования энергии путем создания высокоэффективных и экономичных тепловых аккумуляторов для различных систем теплоснабжения.

Аккумуляторы тепловой энергии подразделяются на 3 вида:

- емкостные теплоаккумуляторы;
- аккумуляторы, использующие скрытую теплоту фазовых переходов;
- аккумуляторы, основанные на поглощении теплоты в процессе обратимых химических реакций.

Обычные тепловые аккумуляторы на основе веществ с высокой теплоемкостью распространены наиболее широко. При применении таких теплоаккумуляторов используют тепло, которое выделяется или поглощается физическим телом по мере изменения его температуры. Наиболее характерным теплоаккумулирующим веществом является вода, применяющаяся в настоящее время во многих гелиосистемах.

Неэффективность таких аккумуляторов очевидна в связи с повышением потерь теплоты при повышении температуры воды, а так же из-за больших размеров таких аппаратов.

Аккумуляторы, основанные на поглощении теплоты в процессе обратимых химических реакций, применять пока нецелесообразно, в связи с целым рядом нерешенных проблем таких как изменения свойств теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) в связи с прохождением циклов и неполнотой проведения химической реакции, дороговизны наполнителя, и зачастую наполнитель чрезмерно активен при контакте с водой либо воздухом, что недопустимо.

На наш взгляд, аккумуляторы, использующие скрытую теплоту фазовых переходов наиболее перспективны в настоящее время. Из таблицы видно, что эффективность способа обусловлена тем, что для многих веществ значение энтальпии фазового перехода значительно выше значения теплосодержания за счет изменения температуры.

Таблица Сравнение различных ТАМов для аккумуляирования 1 ГДж

№ п/п	ТАМ	Масса, кг	Объем, м ³
1	Галька	113 636	71,74
2	Вода	23 866	23,9
3	Парафин	4 794	5,27
4	Глауберова соль	3 723	2,55

Что касается выбора теплоаккумулирующего материала, он должен отвечать следующим требованиям:

- материал должен быть доступен в больших количествах и быть сравнительно недорогим;
- фазовый переход должен обладать эффектом выделения-поглощения скрытой теплоты;
- производимостью свойств на протяжении большого числа фазопереходных циклов без серьезного ухудшения эффекта выделения-поглощения скрытой теплоты;
- вещество должно быть безвредным (нетоксичным, невоспламеняющимся, негорючим, некорродирующим);

Анализ данных[1] показывает, что в качестве теплоаккумулирующих материалов фазового перехода (ТАМФП) перспективно использовать четыре группы веществ: жирные кислоты, парафины, гидраты солей и ряд соединений металлов.

Основным недостатком гидратов солей является их неконгруэнтное плавление. Обычно при плавлении образуются жидкая насыщенная фаза и твердая в виде более низкого гидрата той же соли, которая при этом осаждается. Кроме того, расплавам гидратов солей свойственно переохлаждение, с последующей взрывной кристаллизацией.

С целью обеспечения кристаллизации с малым переохлаждением жидкости необходимо применение веществ, являющихся первичными центрами кристаллизации. Для блокирования разделения фаз либо применяются загустители, либо интенсивное перемешивание в процессе

теплообмена, что не всегда удобно в процессе эксплуатации. К числу недостатков кристаллогидратов следует отнести также их повышенную коррозионную активность.

Парафины имеют минимальную теплоту фазового перехода (теплоту плавления) среди применяемых ТАМФП = $144 - 189 \text{ МДж/м}^3$. Цена технических парафинов невысока и составляет в настоящее время 2-5 грн./кг, тем не менее у них есть существенный недостаток в виде низкой теплоемкости (порядка $2 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$) и теплопроводности в твердом состоянии. Эти недостатки делают неэкономичным использование парафинов при значительных размерах аккумулятора. Существуют разработки [3] по введению в парафины алюминиевого порошка с целью повышения теплопроводности, однако смесь при этом получает термитные свойства в процессе горения.

При более высоких рабочих температурах применяются, как правило, соединения и сплавы легких металлов, а так же их соединения (гидриды, фториды, силикаты). Они обладают наиболее высокими значениями теплоты фазового переходов 4-17 раз [4] превышающих этот показатель для ранее рассмотренных групп ТАМФП (парафинов, гидратов солей), однако и температуры фазовых переходов у этих соединений металлов очень высоки $T_{\text{ФП}} = 300 - 3000 \text{ }^\circ\text{C}$, что делает возможности их практического применения в системах теплоснабжения весьма затруднительными. Их применение будет возможно лишь в высокотемпературных теплогенерирующих установках (космических энергетических установках концентрирующих солнечное излучение, в установках термоядерного синтеза и др.). Так же к недостаткам можно отнести значительное, изменение объема при плавлении, и выделение гидридами водорода, который крайне взрывоопасен и горюч.

В качестве ТАМФП жирные кислоты характеризуются температурой и теплотой плавления приблизительно такой же, как и у парафинов, несколько меньшим (на 24 %) коэффициентом теплопроводности, что требует развитых поверхностей теплообмена и меньшей удельной теплоемкостью. Они являются химически стойкими веществами, мало или совсем не переохлаждаются, но их стоимость в 2,0 - 2,5 раза выше стоимости парафинов.

Использование органических веществ практически полностью снимает вопросы коррозионного разрушения корпуса, обеспечивает высокие плотности запасаемой энергии, неплохие экономические показатели. Разработанные к настоящему времени способы поверхностной обработки органических веществ (крафт — полимеризация — модификация и т. п.) позволяют создавать конструкции без явно выраженной поверхности теплообмена.

Таким образом, из рассмотренных типов ТАМФП с учетом их теплофизических свойств и стоимостных показателей наиболее подходящими для тепловых аккумуляторов систем теплоснабжения с возобновляемыми источниками энергии являются ТАМ, на основе кристаллогидратов ($Q_{\text{ф.п.}} = \quad = 150-400 \text{ МДж/м}^3$) и жирные кислоты

($Q_{ф.п.} = 160-280 \text{ МДж/м}^3$) [1], в силу достаточной теплоты фазового перехода и невысоких температурах плавления ($T_{пл.} = 25-80^\circ\text{C}$) [5].

Рассмотрим габариты теплоаккумуляторов с этими двумя типами ТАМов на примере жилого дома с семьей в 4 человека. На потребности горячего водоснабжения необходимо от 65 до 90 МДж в сутки, исходя из нормы 85-120 л/чел [6], зависит от степени благоустройства. Так при использовании кристаллогидратов, потребуется бак-аккумулятор объемом = 0,14 - 0,23 м³, а при использовании жирных кислот около 0,2 - 0,27 м³, когда водяной аккумулятор должен иметь объем 0,6 – 0,85 м³, но не следует забывать что температура плавления большинства кристаллогидратов ниже 55 °С, и для передачи запасенного тепла потребуется задействовать дополнительные устройства (например тепловые насосы), а с использованием органических кислот данная проблема не возникает, их температуры плавления обычно выше 50 °С.

Исследования различных типов ТАМ, показали перспективность и возможность технической реализации тепловых аккумуляторов с использованием кристаллогидратов, жирных кислот в системах солнечного теплоснабжения.

Список литературы:

1. Быстров В. П., Ливчак А. В. Теплоаккумуляторы с использованием фазового перехода // Вопросы экономии теплоэнергетич. ресурсов в системах вентиляции и теплоснабжения. Сб. науч. трудов. М.: Изд. ЦНИИЭПИО, 1984.
2. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 1987.
3. Ковылянский Я. А., Старостенко В. И., Старостенко Н. Н. Перспективы применения аккумуляторов фазового перехода // Энерг. стр-во, 1995
4. Антонова М.М. Свойства гидридов металлов. Справочник.-Киев: Наукова думка, 1975г.
5. Б.П. Никольский и др. Справочник химика т.2, Ленинград 1978.
6. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий.