

Некоторые аспекты использования водяных и водо-парафиновых аккумуляторов тепла в энергоактивных зданиях

Страшко В.В.

НИИ энергетики Днепропетровского национального университета,
г. Днепропетровск

Рассмотрены удельные энергетические характеристики аккумуляторов тепла, использующих в качестве теплоаккумулирующего вещества воду и водо-парафиновую смесь, а также различные режимы их эксплуатации.

В связи с усилением энергетического кризиса, толчок к дальнейшему развитию и практическому внедрению получила концепция энергоактивных зданий. Концепция энергоактивных зданий предполагает конструкцию с низкими теплотерями и высокой герметичностью. Они оборудуются комплексными системами энергообеспечения (горячее водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования), включающими в себя энергоактивные ограждающие конструкции (в т.ч. на базе гелиопрофиля ТЕПС [1]), тепловой насос, сезонный аккумулятор тепла и использующими возобновляемые источники энергии – энергию солнечного излучения, тепло наружного и выбросного воздуха, тепло грунта.

В состав системы, как правило, входят и промежуточные аккумуляторы тепла различного назначения. Одним из видов таких аккумуляторов, представляющих интерес в рамках концепции энергоактивных зданий, явля-

ются одно-трёхсуточные, используемые преимущественно для систем низкотемпературного отопления (напольное, фанкойл и т.п.). Они также могут использоваться как тепловой источник для горячего водоснабжения. В качестве догревателя используется либо ТЕНовый (ионный) источник, либо тепловой насос. Для зарядки такого теплового аккумулятора в концепции энергоактивного дома используется, как правило, энергия солнечного излучения, утилизируемая энергоактивными ограждающими конструкциями объекта. Данные факторы обуславливают необходимость соответствия параметров теплового аккумулятора, одновременно и сами обуславливаются, следующим требованиям:

1. Температурный диапазон зарядки/разрядки аккумулятора должен быть выше начальной температуры низкотемпературных систем отопления (30-35°C).
2. Максимальная температура зарядки должна обеспечивать эффективную работу энергоактивной ограждающей конструкции (т.е. не более 60-80°C).
3. Минимальный диапазон зарядки/разрядки, что предопределяется пп.1,2.
4. Конструкция аккумулятора (в т.ч. теплообменных конструкций и способа теплообмена), применяемое теплоаккумулирующее вещество должны обеспечивать необходимую мощность зарядки/разрядки при относительной простоте конструкции и низкой стоимости.

В подавляющем большинстве случаев такие аккумуляторы - это ёмкости, наполненные водой в качестве теплоаккумулирующего вещества (ТАВ). Вместе с дешёвой обеспечивается простота организации циклов зарядки/разрядки таких тепловых аккумуляторов. Основной недостаток: с увеличением температуры ТАВ растут теплопотери и уменьшается эффективность использования энергоактивных ограждающих конструкций утилизирующих солнечное излучение. В работах [2, 3] приведены примеры использования бойлера *Vitocell 353* объёмом 750 л, который имеет два контура для отопления и один для горячего водоснабжения. Так как бойлер является высокотемпературным, то его использование с тепловым насосом уменьшает термический коэффициент последнего. Данную проблему решают тепловые аккумуляторы, использующие в качестве ТАВ парафин [4]. Типовая конструкция парафинового аккумулятора представляет собой цилиндрическую теплоизолированную ёмкость, внутри которой расположены одна – две трубные спирали теплообменника, внутри которых циркулирует теплоноситель. Для интенсификации процесса теплообмена теплоноситель – ТАВ, теплообменные трубки выполняются гофрированными, снабжаются рёбрами. Одновременно объём ТАВ может

содержать внутри себя пространственную структуру из теплопроводящего материала, например свёрнутый в трубу проволочный мат (коврик).

Рассмотрим макет парафинового аккумулятора тепла (рисунок 1). Парафин относительно доступный и экологически безопасный материал. Однако таким аккумуляторам присущи другие недостатки – относительная дороговизна, сложность обеспечения большой мощности заряда/разряда и горючесть. В некоторой степени нивелировать недостатки обоих вариантов аккумуляторов можно в конструкциях, использующих в качестве ТАВ смеси из воды и парафина. Такое решение хорошо увязывается с тем, что в энергоактивных зданиях предполагается, как правило, использование низкотемпературных систем отопления. Ввиду разности плотностей (как в твёрдой, так и жидкой фазе парафина) нижний объём аккумулятора заполнен водной составляющей ТАВ. Интенсивный теплообмен теплоносителя в спирали теплообменника с водой вызывает турбулентное тороидальное движение воды, которая омывает нижнюю поверхность массы парафиновой составляющей ТАВ, чем вызывает усиленный теплообмен с парафиновой фазой. При этом жидкая фаза, имеющая меньшую плотность, подымается в верхнюю часть аккумулятора (рассматривается режим зарядки) и обеспечивает контакт с водой новому количеству парафина.



Рисунок 1. Макет парафинового аккумулятора тепла

Рассматриваемый тепловой аккумулятор с водно-парафиновым ТАВ

для систем энергообеспечения в концепции энергоактивных зданий не нашёл достаточного отражения в литературе. Для проектирования водно-парафиновых тепловых аккумуляторов необходима оптимизация его теплотехнических параметров с алгоритмами и режимами работы энергоактивных объектов. Для первого этапа должна быть проведена приближённая оценка удельных энергетических параметров тепловых аккумуляторов, работающих в разных процентных соотношениях парафина и воды, и для разных краевых условий эксплуатации (зарядки/разрядки).

Для оценки возможности использования водо-парафиновых тепловых аккумуляторов для систем энергообеспечения энергоактивных зданий, был проведен приближённый расчёт удельной теплоёмкости водо-парафинового ТАВ в зависимости от весовой доли (ВД) парафина. При этом предполагалось, что по мере зарядки парафиновая и водяная составляющие ТАВ имеют одинаковые температуры, а запасаемое тепло распределяется между компонентами пропорционально их теплоёмкостям. При достижении температуры фазового перехода парафина, аккумулятор заряжается при постоянной температуре, а вся теплота аккумулируется в теплоте фазового перехода. После полного растворения парафиновой составляющей, теплота запасается пропорционально теплоёмкостям компонентов ТАВ. Процесс разрядки аккумулятора осуществляется аналогично в обратном направлении. На рисунке 2 приведены графические зависимости долевого коэффициента аккумуляции (Ква) от ВД и температуры разрядки теплового аккумулятора. Здесь и далее, на графиках $S_{вд}$ обозначает удельную теплоёмкость водо-парафиновой смеси, $S_{вд0}$ – удельную теплоёмкость воды (парафин отсутствует).

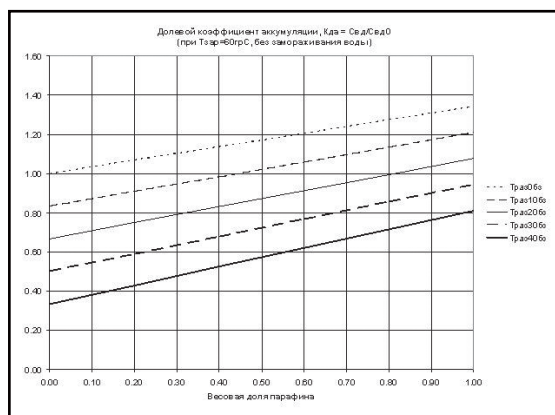


Рисунок 2. Долевой коэффициент аккумуляции в зависимости от ВД и температуры разрядки теплового аккумулятора
Расчёт проводился для температуры зарядки – 60°С. Из графиков

видно, что эффективность водо-парафиновых аккумуляторов растёт с увеличением ВД парафина и уменьшением интервала заряда/разряда. Увеличение ВД до 0,40, 0,60, 0,80 для температурного диапазона зарядки/разрядки 200 (600-400) и 300(600-300) приводит к увеличению удельной теплоёмкости ТАВ аккумулятора в 1,57, 1,86, 2,14 и 1,35, 1,53, 1,71 раз соответственно (при сравнении с чисто водяным). При этом при меньшем температурном диапазоне данное увеличение больше в 1,16, 1,21 и 1,25 раз соответственно с увеличением ВД.

На рисунке 3 представлены графические зависимости долевого коэффициента аккумуляции от ВД и температуры разрядки относительно чисто водяного теплового аккумулятора с режимом замораживания ТАВ, что возможно при определённом конструктивном выполнении аккумулятора. Для определённых систем такое решение может быть энергетически выгодно. В частности, при невозможности размещения теплового водно-парафинового теплового аккумулятора достаточно больших размеров. В случае использования теплового насоса энергетически выгоднее использовать низкотемпературный источник, каким является тепловой аккумулятор, с температурой заморзания воды и тепловой энергией фазового перехода воды, чем низкотемпературный источник с отрицательными температурами. Расчёт проводился для температуры зарядки – 60°C. Из графических зависимостей видно, что водно-парафиновые тепловые аккумуляторы значительно проигрывают с чисто водяными в удельной теплоёмкости ТАВ, однако эта разница уменьшается с увеличением ВД и температурного диапазона зарядки/разрядки. Естественно, долевой коэффициент комбинированного ТАВ с изменением ВД, представлен с учётом заморозки водяного компонента. Отношение удельных теплоёмкостей ТАВ при ВД 0,20, 0,80 для температурного диапазона зарядки/разрядки 200 и 500 составляет 0,20, 0,46 и 0,43, 0,74, соответственно.

На рисунке 4 представлены графики относительного долевого коэффициента аккумуляции в сравнении с «чисто» водяными аккумуляторами тепла. Снижение эффективности наблюдается только для случая с полным охлаждением смеси ТАВ и замораживанием водной составляющей. Повышение эффективности наблюдается с уменьшением диапазона зарядки/разрядки и попадании в этот диапазон температуры фазового перехода парафина. Данный эффект обусловлен увеличением доли теплоты фазового перехода парафина в общей величине изменения теплосодержания аккумулятора.

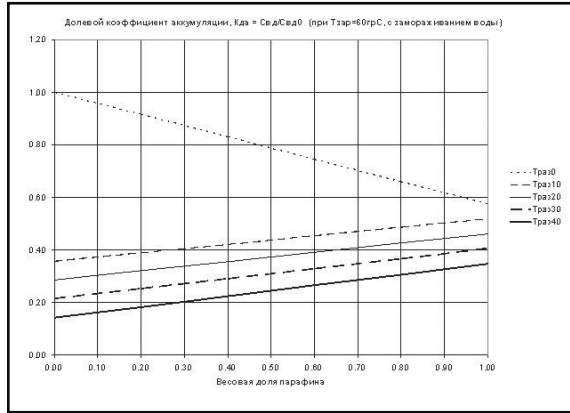


Рисунок 3. Долевой коэффициент аккумуляции с режимом замораживания водной составляющей ТАВ

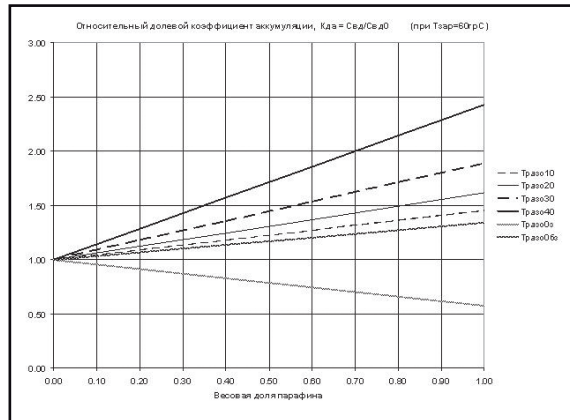


Рисунок 4. Относительный долевой коэффициент аккумуляции в сравнении с «чисто» водяным аккумулятором тепла

Анализ графических зависимостей свидетельствует о том, что изменение значений ВД и температур зарядки/разрядки водно-парафинового ТАВ аккумулятора приводит к значительным изменениям долевых значений аккумуляции в сравнении с чисто водяными тепловыми аккумуляторами, и требует оптимизации в зависимости от расчётных условий эксплуатации.

Теплотехнические характеристика компонентов ТАВ представлены в таблице.

Таблица. Характеристики компонентов ТАВ

№ п/п	Термоаккумулирующее вещество (ТАВ)	Характеристики		
		Удельная теплоемкость C , кДж/кг*°С	Теплота плавления λ , кДж/кг	Температура плавления $t_{пл}$, °С
1	Вода	4,19	335	0
2	Парафин твердый	3,35	150	40
3	Парафин жидкий	2,68	150	40

Теплоёмкость и теплота плавления материалов принималась постоянной в диапазоне температур (0 – 100)°С.

Выводы

1. Предварительный анализ графических зависимостей долевых значений аккумуляции (т.е. удельных и массогабаритных характеристик тепловых аккумуляторов) подтверждает целесообразность и необходимость разработки методик расчёта и создания методологии моделирования работы систем энергообеспечения энергоактивных зданий различного назначения с использованием водо-парафиновых тепловых аккумуляторов.

2. Немаловажное значение имеет создание опытного образца водопарафинового аккумулятора с отработкой вариантов технического выполнения элементов теплопередачи и исследования динамических и емкостных характеристик процессов зарядки/разрядки. В процессе выполнения комплекса работ возможна разработка линейки водно-парафиновых аккумуляторов с различными вариантами комплектации теплообменных элементов, которые могли бы заполняться водно-парафиновой смесью в различном долевом соотношении. Данная линейка тепловых аккумуляторов позволит комплектовать системы энергообеспечения энергоактивных объектов различного назначения.

Перечень ссылок

1. **Пат. на винахід України**, № 65474 від 15.09.2006, кл.МКІ F24J2/04, F24J2/24, F24J2/34 Сонячний колектор [Текст] /Страшко В.В., Подлепич В.Ю., Безнощенко Д.В.
2. **Ванькович, Р.** Комфорт від сонця – реальність у Львові [Текст]/ Р. Ванькович, О.Денис, Р.Савук// Економія. Екологія. Комфорт: матеріали міжнар. наук.-практ. семінару, м.Львів, 22-23 лютого 2006 р. – Львів, 2006. – С.7-8.
3. **Лантух, Н.М.** Вирішення проблем теплопостачання зі застосуванням відновлювальних джерел енергії [Текст]/ Н.М.Лантух, Г.М.Агеєва, В.С.Щербатий// Реконструкція житла: наук.-вироб. вид. – К.: Логос, 2008. – Вип.9. - С.276-284.
4. **Савук, Р.** Найбільшим акумулятором тепла на землі є...земля [Текст]/ Р.Савук// Економія. Екологія. Комфорт: матеріали міжнар. наук.-практ. семінару, м.Львів, 22-23 лютого 2006 р. – Львів, 2006. – С.32-34.

Получено 8.04.09