

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ:

1. Стоянов Ф.А., Андреев С.Ю., Шевченко Л.П. Методы системного анализа в задачах оптимального проектирования централизованных систем теплоснабжения: Учебное пособие для ВУЗов.- Харьков: Золотые страницы, 2005,- 140 с.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование.- П.: Мир, 1975.- 536 с.

3. Андреев С.Ю., Ноженко Ю.П. Рациональное распределение нагрузок между энергогенерирующими агрегатами ТЭЦ // Проблемы, перспективы и нормативно-правовое обеспечение энергоресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы III всеукраинской научно-практической конференции.- Алушта: ХО НТТ КГ и ПО, ХНАМГ, 2007.- С. 35-41.

УДК 697.34

**Будлянський С.В., аспірант, Редько А.Ф., д-р техн. наук**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры.*

### АНАЛИЗ СИСТЕМ АККУМУЛЯЦИИ ТЕПЛА В ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВКАХ ОТРАСЛЕЙ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Согласно прогнозам специалистов, в наступающем веке, истощение углеводородных источников энергии будет ощущаться особенно остро. Поиск альтернативных источников тепловой энергии, а также аккумуляция и экономное использование вырабатываемого тепла, является приоритетным направлением создания эффективных теплосистем.

Возможным мероприятием, которое позволит эффективно использовать тепловую энергию является аккумуляция тепла посредством применения тепловых аккумуляторов (ТА) различных конструкций.

Широкий спектр задач и областей применения обусловил развитие большого многообразия ТА, а так же множество методов и способов аккумуляции приводят к различным техническим и конструктивным решениям.

Можно выделить следующие основные виды тепловых аккумуляторов:

- тепловые аккумуляторы с жидким ТАМ;
- тепловые аккумуляторы с твердым ТАМ;
- тепловые аккумуляторы с плавящимся ТАМ;
- паровые аккумуляторы тепла;
- термохимические аккумуляторы и др.

Количество и вид теплоаккумулирующего материала (ТАМ) определяются необходимой плотностью запасаемой энергии и КПД процесса аккумуляции теплоты. Естественно, что в реальных условиях количество запасаемой

энергии аккумулятором окажется гораздо ниже, особенно если предполагается длительное хранение тепла, в силу увеличения с течением времени тепловых потерь ТА. Поэтому, очень важно не только знать и прогнозировать тепловой режим и распределение тепла внутри аккумулятора, но и знать эффективность аккумуляции теплоты (отношение накопленной теплоты к теплоте, производимой теплогенерирующими установками).

Аккумуляторы тепла с твердым ТАМ нашли широкое применение в системах, которые предназначены либо для сезонного хранения тепла, либо при использовании вне пиковых нагрузок теплосетей. Отдельный интерес, для уравнивания нагрузок электроэнергетики представляют графитовые аккумуляторы, которые отличаются высокой рабочей температурой аккумулярующего вещества (более 2 500°C), что позволяет получать высокопотенциальное тепло.

При этом, данные установки крайне узко специализированы (применимы на АЭС) и относительная теплоемкость их невелика, что негативно сказывается на габаритах.

Подземные ТА применяются при необходимости использовать запасенное тепло на протяжении нескольких месяцев. Такие задачи обычно ставят при необходимости накопления сезонного тепла (например, тепла полученного от гелиопанелей) для отопления жилых до-

мов, либо теплиц. В этом случае целесообразно использовать (при наличии таковых) горизонты водопроницаемых грунтов или скалистые грунты, в которые, при заряде, закачивается горячая вода через скважины, а при разряде в соседнюю скважину закачивают холодную. Данная схема работы обеспечивает наивысший экономический эффект среди подземных ТА, однако имеет существенный недостаток в виде значительного расхода энергоресурсов на прокачку теплоносителя через горные породы.

Подобная система была применена в Германии и странах Скандинавии (так в пригороде Стокгольма[2] смонтирован крупнейший грунтовый ТА, объемом в 60 тыс.м<sup>3</sup>), только там зарядка и разрядка грунтового ТА происходит по средствам вертикальных теплообменников, помещенных скважины на глубину до 100 м. Поверхность аккумулятора была заизолирована, для предотвращения теплопотерь в окружающую среду. Во время зарядки, тепловой поток направлялся из центра к периферии, чтобы в получить более высокие температуры в центре и более низкие на границе. Во время разрядки направление теплового потока обратное. Достоинством системы является конструкция, которая дает возможности к быстрому расширению. Дополнительные буровые скважины с теплообменниками могут быть быстро смонтированы, при увеличении необходимой мощности аккумулятора.

Недостатком выше приведенных ТА, является сложность расчета и проектирования, и как следствие, слабая возможность прогнозирования их работы, к тому же запасенное таким образом тепло является довольно низко потенциальным, что на данный момент решается использованием тепловых насосов, что влечет увеличение капиталозатрат.

В сельском хозяйстве тепловые аккумуляторы используются для обогрева теплиц в ночное время с использованием тепла накопленного в светлое время суток. Вентилятор осуществляет циркуляцию воздуха в теплице через слой ТАМа, которым обычно служит шамот, кирпич-

ный бой и достаточно крупные камни. Избытки тепла, в дневное время, заряжают ТА, и подогревают воздух в теплице в ночное время, при его разряде.

Такие ТА необходимо предусматривать еще на этапе строительства, т.к. они требуют проведения значительных земляных работ, а обслуживание их в процессе эксплуатации крайне затруднено.

Жидкостные ТА наиболее часто применяются как краткосрочные и дешевые накопители тепла. Данные аккумуляционные емкости могут так же выполнять роль гидравлического выравнивателя или запаса химочищенной воды в системах теплоснабжения. Такие накопители наиболее часто применяются в бытовых целях и в тепловых схемах электростанций (ТЕС, АЭС и т.д.).

Проблемной становится ситуация, когда необходимо накопить значительные объемы тепла, а возросшие габариты ТА не могут быть рационально размещены внутри помещения либо занимают значительное количество полезной площади последнего.

Термохимические ТА используют возникновение химического потенциала обратимой химической реакции в неравновесном состоянии. Важным преимуществом есть то, что запасенная энергия может храниться достаточно длительное время без применения тепловой изоляции, а потому минимизированы неудобства транспортировки энергии на значительные расстояния. Термохимические тепловые аккумуляторы могут найти применение при аккумулировании тепла уходящих газов теплогенерирующих установок, с последующей транспортировкой ТА конечному потребителю. Это делает перспективными химические методы аккумуляции тепловой энергии, однако пока они малоизучены, в частности, почти нет данных о количестве продуктивных циклов предлагаемых ТАМ и большинство предлагаемых веществ пожароопасны.

Наиболее перспективными, с точки зрения универсальности применения считаются ТА с фазопереходными ТАМ. Их

работа основана на процессах плавления-застывания рабочего материала, и изменением при этом энтальпии. Применение таких ТАМов несомненно усложняет конструкцию ТА, однако они порой становятся незаменимы, когда необходимо аккумулировать небольшие температурные напоры.

Для таких аккумуляторов рабочими веществами выступают органические (жирные кислоты, воски) и неорганические (сплавы щелочных и щелочноземельных металлов, сплавы солей и их гидраты). Универсальность подразумевает, что изменяя рабочее вещество можно подобрать теплоту и температуру фазового перехода наиболее подходящую под заданные условия. Так при рабочих температурах от 500 °С до 1600 °С применяются, соединения и сплавы щелочных и щелочноземельных металлов [4]. Для случаев с более низкой температурой фазового перехода [3], как правило, подбираются соли и их сплавы, а при необходимости запасаения низкопотенциального тепла (60 °С и ниже) применяют некоторые воски и жирные кислоты в виду их слабой агрессивности, и простоты работы с ними.

Наиболее интересны примеры применения таких ТА системах электроотопления, когда для зарядки путем электронагрева в ночное время и использование теплоты в дневное позволяет значительно сократить расходы на электрическую энергию за счёт потребления электроэнергии в ночное время по более низкому тарифу, тем самым сглаживая графики энергопотребления. Так же известны примеры применения.

В автомобильной промышленности применение тепловых аккумуляторов для облегчения пуска двигателя и обогрева салона автомобиля в холодное время. Теплота, запасается во время работы двигателя и может храниться в течение нескольких дней. Впервые ТА предложил канадский конструктор Оскар Шатц, а первые автотермосы появились там же под брендом Centaur. Среди отечествен-

ных разработчиков лидерами можно назвать «АвтплюсМАДИ» и «АвтоТерм».

К недостаткам применения фазопереходных ТАМ причисляют их инконгруэнтный характер плавления, в результате которого происходит расслаивание твердой и жидкой фаз, а также слабую теплопроводность в твердом состоянии и коррозионную активность [3]. Для преодоления этих проблем, обычно, рабочее вещество заключают в капсулы, для увеличения рабочей поверхности ТАМ и улучшения теплообменных процессов, однако эти меры усложняют изготовление ТА и увеличивают материалоемкость.

Проведенный анализ работ, по проблемам аккумулирования теплоты, позволяет сделать выводы:

1. Существует множество различных типов, видов и конструкций тепловых аккумуляторов, применяемых в различных отраслях народного хозяйства. Вопрос аккумулирования теплоты уходящих газов теплогенерирующих установок изучен поверхностно и требует углубленного изучения.

2. Перед внедрением химического аккумулятора теплоты необходимо решить проблемы связанные с пожароопасностью предлагаемых ТАМ, а так же тщательнее изучить их свойства.

3. Тепловые аккумуляторы, основанные на фазовых переходах, могут получить наибольшее распространение, при достаточном изучении и разработке более эффективных моделей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987.
2. Schmidt T., Mangold D., Müller-Steinhagen H., July 2003. *Central Solar Heating Plants with Seasonal Storage in Germany*. *Solar Energy*, 76: 165-174.
3. Никольский Б.П. и др. *Справочник химика, т.2, Ленинград 1978.*
4. Антонова М.М. *Свойства гидридов металлов. Справочник.-Киев: Наукова думка, 1975.*
5. Информация сайта <http://ru.wikipedia.org>