

УДК 658.26.011.2; 697.353

Николаевский В.Ф.,  
Директор ЧМП «Экоэнергетика», г. Полтава

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

*Рассмотрены вопросы аккумуляторного лучистого отопления и горячего водоснабжения "Гелиомодуля", расположенных во внутриквартирных перегородах.*

*Ключевые слова: "Гелиомодуль", концентратор солнечной энергии, тепловой аккумулятор, ТАМ, тепловой насос, активная система отопления.*

**Введение.** Аккумулятором тепла называется устройство или совокупность устройств, которые способствуют процессам накопления и хранения тепловой энергии с последующим использованием ее для отопления и горячего водоснабжения. Эти процессы аккумуляирования тепла происходят путем изменения физических или обратимых химических параметров теплоаккумулирующего материала (ТАМ) за счет использования энергии связи атомов и молекул вещества. Таким образом, свойства ТАМ, и как следствие, всего аккумулятора зависят от изменения массы, объема, температуры, давления, энтальпии – внутренней энергии материала, а также различных их комбинаций.

Аккумуляирование бывает прямое, когда ТАМ является теплоносителем и косвенное – при различных теплоаккумулирующих и теплопередающих средах. Масса и объем ТАМ определяются плотностью запасаемой энергии и КПД процесса аккумуляирования тепла. Использование процесса плавления кристаллогидратов ТАМ обеспечивает большие плотности запасаемой энергии в сравнении с другими веществами. Изложенная выше информация способствует пониманию функционирования теплового аккумулятора.

**Анализ предыдущих исследований и публикаций.** Критическому исследованию гелиоаккумуляторов, расположенных в середине квартирного объема и являющимися прототипами работы Джонатана Хамондома [1] и КиевЗНИИЭП с теплоаккумулирующим ядром в середине строительного объема, а также работы Б. Н.Андерсона, Г. Бекмана, П. Гилли, Р. Р. Аvezова, М.А. Барского-Зорина, И.М. Васильевой, В.Д. Левенберга, М.П. Ткача, В.А. Гольстрема, А. Мачкаши, Л. Банхиди [1-5, 8,9] и др.

**Цель данной статьи** ознакомить специалистов-гелиоконструкторов, архитекторов, конструкторов-теплотехников и всех, кому эти знания нужны и

интересны, с новыми техническими решениями приема и использования энергии Солнца для отопления и горячего водоснабжения зданий.

**Концептуальный подход.** Солнечную энергию необходимо накапливать в долговременный аккумулятор, когда ее много – в весенне-летний период, а использовать в осенне-зимний, когда ее недостаточно. Для этой цели разработана система «Гелиомодуль», состоящая из зеркального гелиоприемника и теплового универсального аккумулятора.

**Новизна подхода** заключается в разработке конструкции универсального теплового аккумулятора для преобразования солнечного излучения в тепловую энергию и накопление ее в ТАМ для лучистого отопления. Таким образом, функция преобразования лучистой энергии в тепловую переносится с плоского коллектора в тепловой составной аккумулятор, который находится в чердачном помещении и во внутриквартирной перегородке. Аккумуляторные тепловые потери «отапливают» квартирный объем.

Конструкция «Гелиомодуля» - системы универсального отопления и горячего водоснабжения, схема сечения которой показана на рис.1, состоит из трех частей:

1. зеркального трансформируемого концентратора-1 (реконструируемой части крыши).
2. теплоизолированного бака-2 для нагрева воды, внутри бака с водой металлическая перегородка теплоизолирована-3, и образует плоский теплообменник, который со стороны солнечного излучения имеет электродублер-4 – теплообменник теплового насоса «воздух-вода» (конденсатор) и остекление-5.
3. Металлический стеллаж аккумулятора-6 с сетчатыми полками опирается на фундамент-7. Внутри стеллажа аккумулятора проходит трубчатый змеевидный теплообменник-8, нагревающий ТАМ в контейнерах-9 (например, тара для минеральной воды). ТАМ – кристаллогидраты с фазовым переходом (табл.1), циркуляционный насос-10.

Внутри помещения стеллаж закрыт металлическим листом, а сверху трансформируемой теплоизоляцией для устранения потерь тепла в летний период (на рисунке не показано). Внутри стеллаж также теплоизолирован от стен и пола.

Со стороны помещения имеются коммутирующие вентили для переключения вида работ ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ ), например: зарядка, горячее водоснабжение, аварийный режим. Желательно все конструктивные элементы аккумулятора выполнить из теплоемких материалов.

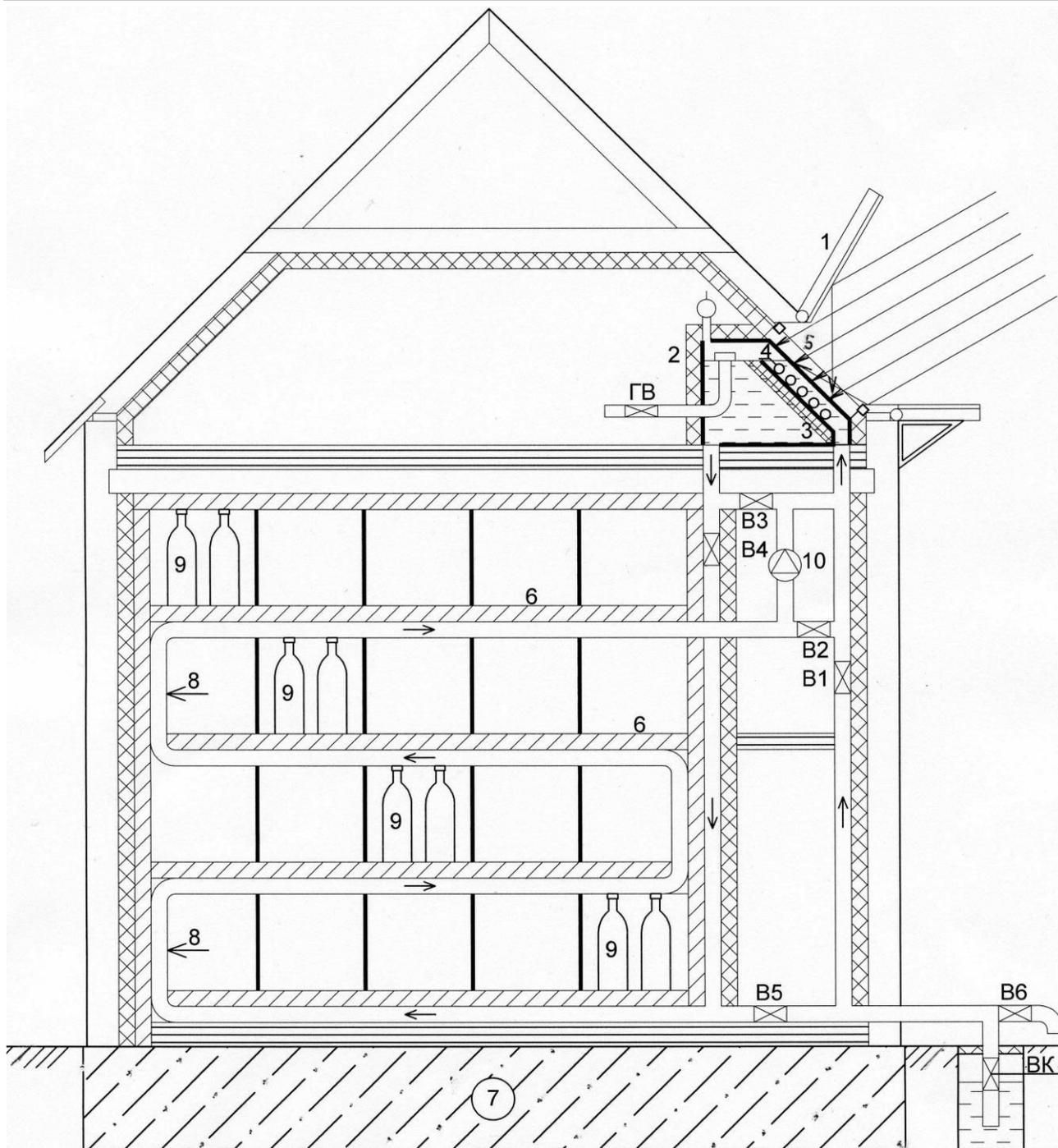


Рис. 1. Универсальное аккумуляторное отопление и горячее водоснабжение

- |                                      |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Концентратор солнечного излучения | 6. Стеллаж аккумулятора     |
| 2. Водяной бак                       | 7. Фундамент                |
| 3. Плоский теплообменник             | 8. Змеевидный теплообменник |
| 4. Теплообменник электродублера      | 9. Контейнеры с ТАМ         |
| 5. Остекление                        | 10. Циркуляционный насос    |

Таблица 1.

## Основные свойства ГАМ на основе кристаллогидратов [4]

Материал	Чистая соль				Рабочая смесь				Минеральное сырье
	$T_{пл}, ^\circ C$	$Q_{пл}, \frac{кДж}{кг}$	$\rho_{тв} \cdot 10^3, \frac{кг}{м^3}$	$\rho_{ж} \cdot 10^3, \frac{кг}{м^3}$	ГАМ, %	Вода, %	$T_{пл}, ^\circ C$	$Q_{пл}, \frac{кДж}{кг}$	
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	29,7	170	1,712	1,52					-
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	32,4	251	1,46	1,48	68,2	31,8	31,0	244	Глауберова соль
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	48	201	1,6						Гипосульфат натрия
$CH_3COONa \cdot 3H_2O$	58,2	260	1,45	-	90-95	10-5	52-58	290-220	-
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	78	301	2,18	-	75-94	25-6	69-78	207-280	-
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	116	165	1,57	-	-	-	-	-	Бишофит

### Принцип работы универсальной системы отопления и горячего водоснабжения.

Универсальный тепловой аккумулятор заряжается в дневное время от солнечной энергии или в ночное время, когда используют ночной льготный тариф, т.е. электродублер и циркуляционный насос – система активна.

Разряжается тепловой аккумулятор при необходимости в тепле, тогда частично или полностью открывается трансформируемая теплоизоляция и квартирный объем обогревается лучистой тепловой энергией. Внутри теплового аккумулятора реализуются все виды теплопереноса – теплопроводностью, инфракрасным излучением и конвекцией.

Изготовленная и установленная конструкция универсального аккумулятора (рис.1) через открытые вентили  $B_k$ ,  $B_1$ ,  $B_4$  (остальные закрыты), заполняется холодной водой до параллельного «уровня» в водяном баке и его плоском теплообменнике в соответствии с принципом совмещенных сосудов, после чего открывается вентиль  $B_2$  и наполнение повторяется до автоматического отключения подачи воды (поплавковым или электронным автоматом «уровень»), вентиль  $B_1$  необходимо закрыть.

Открывается трансформируемый концентратор-1 и солнечное излучение переотражаясь проходит через остекление бака-5 и адсорбируется зачерненной поверхностью плоского теплообменника водяного бака-2. Вода в нем нагревается, теряет плотность, поднимается вверх, перетекает в основной бак и заменяется более холодной из трубчатого змеевидного теплообменника-8, т.е. возникает

термосифонная циркуляция. Циркуляция в трубчатом змеевидном теплообменнике: горячая вода отдает тепло через металлические стенки - теплопроводностью и инфракрасным излучением контейнерам с ТАМ-9, охлаждается и опять поступает в плоский теплообменник водяного бака для нагревания. Цикл циркуляции продолжается до прекращения поступления солнечной радиации, после чего трансформируемый концентратор-1 закрывается для устранения ночных теплопотерь.

Если необходимо использовать ночной льготный тариф для зарядки теплового аккумулятора, включается электродублер-4. Но для зимней дозарядки теплового аккумулятора нужно вентиль В<sub>2</sub> закрыть и включить циркуляционный насос-10.

Для горячего водоснабжения нужно вентили В<sub>2</sub>, В<sub>4</sub> закрыть, а В<sub>3</sub> открыть, тогда вода циркулирует между баком с водой и его плоским теплообменником.

Если вода в водяном баке закончилась, вентили В<sub>2</sub>, В<sub>4</sub> закрыть, а вентили В<sub>к</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub> открыть, наполнить бак до отметки «уровень» холодной водой, нагреть ее, после чего В<sub>3</sub>, В<sub>1</sub> закрыть, а В<sub>2</sub>, В<sub>4</sub> открыть и система включена на зарядку теплового аккумулятора.

При аварийном режиме, появление течи в водяном баке: вентили колодца холодной воды В<sub>к</sub> и В<sub>2</sub>, В<sub>4</sub> закрыть, а В<sub>3</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub> – открыть и вода бака уйдет за пределы здания.

При аварийном режиме, появление течи в трубчатом змеевидном теплообменнике, чтобы его обезводить, нужно вентили В<sub>к</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub> – закрыть, а В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub> – открыть и вода уйдет за пределы здания.

Конструкция и теплотехнический расчет универсального теплового аккумулятора позволяет кратковременно (на неделю) накопить тепловую энергию для отопления на местном сырье ТАМ, например модифицированной глины или влажного песка совместно с использованием электродублера ночью, когда действует льготный тариф. Но если необходимо накопить тепловую энергию на весь отопительный период, нужно контейнеры наполнить ТАМ – одним из кристаллогидратов с фазовым переходом (таблица 1).

Количество аккумулирующего тепла зависит от многих факторов: теплопотерь, отапливаемого объема, поступления солнечной радиации, размера и теплоемкости аккумулятора, его температурного режима – зарядки и разрядки.

Формула теплового баланса для шестимесячного отопительного периода, поступления солнечной радиации и совместного использования электродублера ночью выглядит:

$$Q_{с.}^{6 \text{ мес.}} + Q_{з.}^{12 \text{ мес.}} = Q_{о}^{6 \text{ мес.}} + Q_{г.в.}^{12 \text{ мес.}} \quad \text{где:} \quad (1)$$

$Q_{с.}^{6 \text{ мес.}}$  - теплота поступления солнечной энергии,  $Q_{з.}^{12 \text{ мес.}}$  – энергия ночного электродублера,  $Q_{о}$  - отопление,  $Q_{г.в.}$  - горячее водоснабжение.

Весенне-летняя теплота поступления солнечной радиации равна сумме величин месячных нагрузок  $Q_H^M$ , т.е. расхода теплоты на отопление -  $Q_0 + Q_{Г.В.}$  - теплоту для горячего водоснабжения. Электродублер необходим для выравнивания расчетной тепловой нагрузки.

Конструкция универсального теплового аккумулятора состоит из нескольких теплоемких метериалов, которые накапливают тепло, но количество теплоты в них не будет одинаковым потому, что их массы и удельные теплоемкости различны, поэтому общая теплоемкость аккумулятора -  $Q_{ак.}^{1\text{ мес.}}$  в Дж, кДж, МДж, ГДж, будет:

$$Q_{ак.}^{1\text{ мес.}} = cm\Delta t (m_T + m_{П} + m_{М} + m_{Там}); \quad (2)$$

$$Q_{ак.}^{6\text{ мес.}} = 6[cm\Delta t (m_T + m_{П} + m_{М} + m_{Там})], \quad (3)$$

где:  $cm$  – произведение удельной теплоемкости и массы материала,

$\Delta t$  – разность температур (начальной -  $t_1$  и конечной -  $t_2$ , °С,

$m_T$  – месячные теплоемкости материалов -  $m$ : теплоносителя (воды),

$m_{П}$  - часть площади панели перекрытия,  $m_{М}$  – металлоконструкций: бака, теплообменника, стелаж, внешнего покрытия,  $m_{Там}$  – теплоаккумулирующего материала.

Расчет теплоты (Дж) на горячее водоснабжение:

$$Q_{Г.В.} = 1,2aC_p p(t_{Г.В.} - t_{Х.В.})Nn [9], \quad (4)$$

где:  $N$  – число жителей,  $a$  – норма расхода горячей воды на 1 человека в сутки, л/сут,  $n$  – число дней в расчетном периоде,  $t_{Г.В.}$  – температура горячей воды, °С,  $t_{Х.В.}$  – температура холодной воды, °С,  $C_p$  – плотность воды = 1 кг/л.

Важным фактором сбережения потерь теплоты аккумуляторов является теплоизоляция, она рассчитывается по формулам:

$$\delta_{из} = \lambda_{из}(\alpha - k_{из}) / k_{из} \alpha; [8] \quad (5)$$

$$k_{из} = Q_{п} / [A_{б}(T_{б} - T_0)] [8], \quad (6)$$

где  $\lambda_{из}$  - коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/м·°С;

$\delta_{из}$  - толщина изоляции, м;  $\alpha$  – коэффициент теплообмена;  $k_{из}$  - коэффициент теплопередачи через изоляцию, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $Q_{п}$  - допустимые потери тепла, Вт;

$A_{б}$  – площадь бака-аккумулятора, м<sup>2</sup>;  $T_{б}$  - расчетная температура воды в баке, °С [8].

**Заключение.** Применение “Гелиомодуля” с зеркальными гелиоприемниками с аккумуляторным лучистым отоплением и горячим водоснабжением в средних и

высоких широтах позволит вначале разгрузить газотранспортную систему, а в будущем отказаться от сжигания органического топлива – угля, нефти и газа. Это экологично. В частном секторе применение “Гелиомодуля” поможет перейти на автономное отопление и горячее водоснабжение, что исключит потребление газа. Это экономически выгодно для всех регионов Украины и других стран, где имеется недостаток органического топлива.

### Литература

1. Андерсон Б. Н. Солнечная энергия (Основы строительного проектирования) / Б. Н. Андерсон : пер. с англ.. А. С. Анисимова / под. ред. д.т.н. Ю. Н. Малевского. – М.: Стройиздат, 1991. – 375 с.
2. Г. Бекман. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман, П. Гили : пер. С. англ. - М.: Мир, 1987. – 272 с.
3. А. с. 1467332 , СССР, МКИ F 24 J 2/42. Коллектор-аккумулятор / В. Ф. Николаевский, Т. Ю. Кузьменко (СССР). - № 428014, заявл. 13.07.1987 ; опубл. 23.03.89, Бюл. №11.
4. В. Д. Левенберг. Аккумулирование тепла / В. Д. Левенберг, М. Р. Ткач, В. А. Гольстрем. – М.: Техника, 1991. – 112 с.
5. Мачкаши А. Лучистое отопление / А. Мачкаши, А. Банхиди : пер. с венг. В. М. Беляева / под ред. д.т.н. В. Н. Богословского и к.т.н. Л. М. Махова. – М.: Стройиздат, 1985. – 463 с.
6. Николаевский В.Ф. «Гелиомодуль» / В. Ф. Николаевский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. - №5/ 1(35). – С. 42.
7. Николаевский В. Ф. Зеркальные гелиоприемники / В. Ф. Николаевский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. - №1/1(37). – С. 40 - 44.
8. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р.Р. Авезов, М. А. Барский-Зорин, И. М. Васильева и др.; Под ред. Э. В. Сарнацкого и С. А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
9. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки / Н. В. Харченко. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

### Анотація

Розглянуті питання акумуляторного променевого опалення та гарячого водопостачання “Геліомодуля”, що розміщені у міжкімнатних перегородках.

Ключеві слова: ”Геліомодуль”, концентратор сонячної енергії, тепловий акумулятор, ТАМ, теплова помпа, активна система опалення.

### Abstract

The questions cordless radiant heating and hot water “solar module”, placed in intra room partitions.

Key words: “solar module” concentrator solar energy, heat accumulator, HAM (heat accumulation material), heat pump , active heating system.