

# Комбинированная солнечно-теплонасосная установка как вариант технического решения теплоснабжения «энергоэффективной усадьбы»

Лантух Н. Н.  
ООО «ТЕПЛОСЕРВИС», г. Киев

Агеева Г. Н.  
«НИИпроектреконструкция», г. Киев

Щербатый В. С.  
ООО «Технологии третьего тысячелетия», г. Киев

---

*Освещены вопросы расширения масштабов использования солнечной энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве населенных пунктов. Приведен анализ варианта использования комбинированной солнечно-теплонасосной установки для теплоснабжения отдельного двухэтажного коттеджа с открытым бассейном.*

Одна из концептуальных задач отечественного топливно-энергетического комплекса — перевод жилищно-коммунального комплекса с газа на электроэнергетическое обеспечение с параллельной модернизацией неоправданно энергоемкого промышленного производства и снижением техногенного давления на окружающую среду [1, 2] — требует не только технических решений, но и нормативно-правового обеспечения и сопровождения.

Показатель энергоемкости ВВП Украины — 0,89 кг у.т./\$ США, в 2,6 раза превышающий среднемировой уровень, свидетельствует

о том, что достижение прогнозного для 2030 г. уровня, равного 0,36 у.т./\$ США, может быть обеспечено за счет внедрения принципиально новых технологий, систем учета использования энергоресурсов и др. [2]. Уже сейчас для системы жилищно-коммунального хозяйства разрабатываются и внедряются программы перехода с газо- на электропотребление, направленные на снижение экономической зависимости Украины от импорта энергоносителей, в том числе газа, а также пакеты нормативно-методических документов для обеспечения процессов проектирования, внедрения и эксплуатации принципиально новых технологий и систем [4, 5].

В сложившихся условиях заслуживает внимания интерес к возобновляемым источникам энергии, проявляемый во всем мире, а особенно в Западной Европе и Азии. В связи с повышением цен на энергоносители повышение интереса к возобновляемым, нетрадиционным источникам энергии следует ожидать в ближайшее время и в Украине [1-5].

Отсутствие учета отпускаемой и потребляемой тепловой энергии, экономически необоснованные и несоответствующие реальной себестоимости тарифы, не стимулируют внедрения мероприятий по снижению энергоемкости жилищно-коммунального хозяйства. В результате удельные, приведенные к одинаковым климатическим условиям затраты использования — на одного человека, на единицу производства национального продукта — в Украине существенно превышают мировой уровень [1,2].

В городах, где теплоснабжение осуществляется от ТЭЦ или котельных, которые работают на угле (в том числе, низкого качества), вопрос загрязнения окружающей среды и ухудшения экологической обстановки стоит очень остро.

Уже сейчас в мире используется свыше 1,5 млн. систем солнечного теплоснабжения, большая часть из которых обеспечивает потребности в горячем водоснабжении. В Западной Европе и Азии активно внедряются системы круглогодичного децентрализованного комбинированного солнечного отопления, в которых в качестве основного источника теплоснабжения используют солнечные коллекторы, а в качестве «дублера» - котлы газовые, жидкотопливные, электродкотлы. Время использования «дублера» - ночной период, характеризующийся «провалами» нагрузок в электросети и значительной дешевизной электроэнергии по сравнению с дневным периодом.

Расширение масштабов использования энергии Солнца для целей теплоснабжения сдерживается, в основном, из-за высоких удельных ка-

питаловложений при сооружении гелиосистем в сравнении с системами, работающими с использованием традиционных источников энергии.

Заслуживает внимания опыт западных экономически развитых стран по разработке специальных программ, стимулирующих внедрение гелиоустановок в частном, коммерческом и муниципальном секторах. Например, при внедрении гелиосистем вступают в действие иные условия кредитования или предоставления финансовой помощи собственникам зданий или лицам, занятым новым строительством. В Германии существует государственная программа стимулирования внедрения гелиосистем, с условиями которой может ознакомиться каждый потребитель.

Имея опыт разработки и внедрения систем солнечного теплоснабжения, коллектив авторов, не ожидая выпуска отечественного оборудования для внедрения систем с использованием возобновляемых источников энергии, начал работы по внедрению систем солнечного теплоснабжения с использованием импортного оборудования. Появление на рынке отечественного конкурентоспособного оборудования (цена, технические характеристики), разработка и введение в действие нормативных и методических документов позволят расширить внедрение систем солнечного теплоснабжения в Украине [6-11].

Рассмотрим техническое решение теплоснабжения двухэтажного коттеджа площадью 340 м<sup>2</sup> с открытым бассейном, площадь «зеркала» ванны которого составляет 95 м<sup>2</sup>. Период строительства — 2005 – 2006 гг.

Тепловая нагрузка на систему отопления и горячее водоснабжение составляет 32 кВт, на подогрев воды в бассейне - 40 кВт, на кондиционирование коттеджа – 14,5 кВт.

С целью экономии энергоресурсов принято решение частично покрыть тепловые нагрузки за счет возобновляемых источников теплоснабжения (гелиосистема и тепловой насос). Теплоснабжение плавательного бассейна зависит от его типа. На данном объекте бассейн используется с апреля по октябрь месяц, и его нагрузка на теплоснабжение полностью покрывается гелиосистемой.

Исходя из расчетов, для покрытия тепловой нагрузки и экономии расхода топлива принято следующее основное оборудование фирмы «VIESSMANN»:

- солнечный коллектор *Vitosol 100 Typ 2,5* - 4 шт,
- тепловой насос *Vitocal 300 BW220* мощностью 21,0 кВт - 1 шт;
- буфер-накопитель *Vitocell 050* емкостью 600 л - 1 шт;
- бойлер ГВС *Vitocell 100* емкостью 300 л - 1 шт;

— котел *Vitola 200* мощностью 40 кВт - 1 шт.

Коллекторы типа «*Vitosol 100*» имеют следующие технические характеристики:

- коэффициент полезного действия 84%,
- коэффициент теплопотерь  $\kappa_1 = 3,36 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ;  $\kappa_2 = 0,013 \text{ Вт/м}^2\text{К}^2$ ,
- теплоемкость коллектора 6,4 кДж/м<sup>2</sup>К,
- масса коллектора – 60 кг, объем теплоносителя 2,2 л.

При интенсивности солнечной радиации 1000 Вт и при отсутствии отбора теплоносителя температура солнечного коллектора равна 211°С.

Солнечные коллекторы устанавливаются на крыше здания, одна из сторон которого ориентирована на юг (рисунок 1).



Рисунок 1. Здание, оборудованное системой солнечного теплоснабжения

Главный компонент солнечного коллектора — медный поглотитель с гелиотитановым покрытием — обеспечивает высокий уровень поглощения солнечной энергии и характеризуется незначительным уровнем тепловых потерь. На поглотителе установленная медная трубка, через которую протекает теплоноситель. Теплоноситель через медную трубку отбирает тепло от поглотителя, который защищен корпусом коллектора (с усиленной теплоизоляцией), обеспечивая этим минимальные потери тепла коллектора. Коллектор покрыт гелиостеклом с низким составом железа, что позволяет уменьшить теплопотери в окружающую среду (рисунки 2, 3).

Расчетное обоснование применения комбинированной системы солнечного теплонасосного теплоснабжения выполнено с учетом:

- технических характеристик
- солнечных коллекторов,

- теплового насоса (ТНУ), а также характеристик грунта для коллектора ТНУ;
- котла, работающего на дизельном топливе;
- интенсивности солнечной радиации для проектируемой местности ( $\varphi=50^{\circ}$  северной широты, климатические условия Киева);
- наклона крыши ( $30^{\circ}$ );
- ориентации солнечных коллекторов;
- сезонность использования коллекторов;
- системы автоматизации (контроллер в комплекте с датчиками температуры и пускателями, которые контролируют параметры и руководят работой котла, теплового насоса и солнечными коллекторами).



Рисунок 2. Общий вид солнечного коллектора



Рисунок 3. Конструкция солнечного коллектора

Тепловой насос (ТНУ) типа «рассол/вода» использует тепло грунта, имеющего свойство сохранять в течение длительного времени тепло, полученное от солнца. При этом достигаются высокие коэффициенты мощности. Основная часть тепла, которое отдается потребителю, производится не за

счет приводной энергии компрессора ТНУ, а является солнечной энергией, которая естественным образом накопилась в грунте. Эта часть энергии может быть в 3-5 раз больше, чем энергия, подаваемая на компрессор ТНУ. Коэффициент мощности (КПД) ТНУ — это отношение тепловой мощности, отдаваемой потребителю тепловым насосом, к электрической мощности, подводимой в настоящий момент к тепловому насосу.

Для каждого ТНУ действует основное правило термодинамики: чем меньше разность температур между источником тепла (грунтовый аккумулятор) и потребителем тепла (буфер-накопитель), тем выше (лучше) коэффициент мощности.

Отбор тепла из грунта осуществляется с помощью системы пластиковых труб большой площади, уложенной в грунт (рисунок 4).

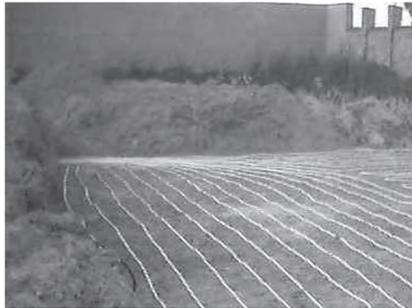


Рисунок 4. Фрагмент укладки грунтового коллектора

Рассол циркулирует по пластиковым трубам, забирая при этом накопленное низкопотенциальное тепло грунта. ТНУ преобразует низкопотенциальное тепло в высокопотенциальное, используя при этом электроэнергию (аналогично холодильнику). Одним из достоинств данного ТНУ является свободное от фреона, негорючее и биологически расщепляемое рабочее вещество (хладагент)  $R\ 407\ C$ .

Одновременно с выработкой тепла ТНУ вырабатывает и холод, который используется для охлаждения помещений в летний период года. При этом тепло от ТНУ накапливается в буфере и используется для нужд теплоснабжения (рисунок 5).

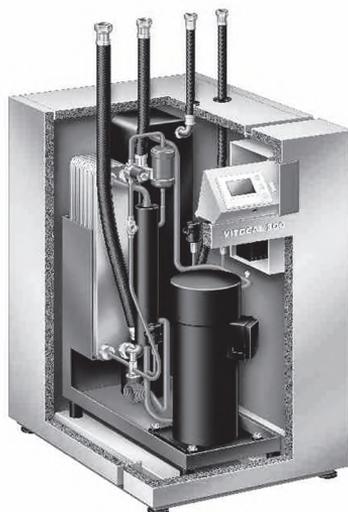


Рисунок 5. Общий вид теплового насоса

Тепловой насос *Vitocal 300 BW220* имеет следующие характеристики:

- номинальная тепловая мощность – 21,6 кВт;
- холодопроизводительность – 16,8 кВт;
- минимальная температура на вход в первичный контур – минус 50°C;
- максимальная температура подачи греющего контура – +55°C;
- температура охлаждающего контура – +5÷110°C;
- питание – 220 В;
- максимальная потребляемая мощность – 4,8 кВт;
- средний за период эксплуатации КПД – 4,61;
- пониженный уровень шума благодаря использованию полностью герметичного компрессора *Compliant Scroll* с удвоенной системой глушения шума.

Комбинированная солнечно-теплонасосная система теплоснабжения работает в автоматическом режиме и после наладки не требует вмешательства в работу потребителя (рисунок 6).

Система автоматического регулирования построена на 4-х взаимосвязанных контроллерах (*CD 60*, *Vitotronic 200*, *Vitosolic 200*, *Vitotronic 050 HK1W*), информационный обмен между которыми осуществляется через телекоммуникационную шину *LON-BUS*.

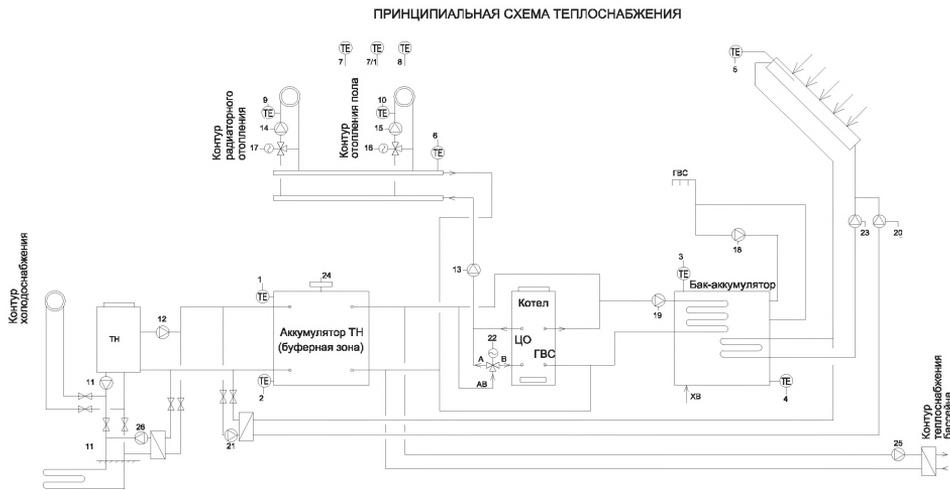


Рисунок 6. Схема комбинированной СТНУ

Функционирование комбинированной солнечно-теплонасосной установки обеспечивает:

- бивалентное приготовление горячей воды;
- накопление тбассейна,
- хладо- и теплоснабжение коттеджа;
- радиаторное и напольное отопление;
- отбор тепла для радиаторного отопления;
- отбор тепла для напольного отопления;
- теплоснабжение бассейна, а система автоматизации СТНУ выполняет, в соответствии с программой, задачу оптимизации максимального использования возобновляемых источников энергии для теплохладоснабжения усадьбы.

Принятое решение экономически обосновано (таблица), а расчетный срок окупаемости 3,48 года позволяет рассматривать объект как «энергоэффективную усадьбу».

Таблица. Техничко-экономические показатели внедрения СТНУ

Наименование показателей	Величина, \$	Величина
Стоимость оборудования СТНУ и котла 40 кВт	52819,2	
Стоимость скважины	9720	
Материалы грунтового коллектора	9600	
<b>Всего:</b>	<b>72139,2</b>	

## Продолжение таблицы

Наименование показателей	Величина, \$	Величина
Стоимость дизельного топлива, л/грн.		3,50
Расход дизтоплива, л/время		4,30
Потребление дизельного топлива, л, за 9 мес.	2902,50	
Потребление дизельного топлива, \$ за 9 мес.	2011,63	
Стоимость электроэнергии, грн.		0,156
Расход электроэнергии, кВт/ч		4,8
Кол-во часов использования ТНУ (лета/конд)	3000,00	
Стоимость потребленной электроэнергии за 5 мес. (лета/конд)	444,83	
Кол-во часов использования ТНУ	2400,00	
Стоимость потребленной электроэнергии за 4 мес.	355,87	
<b>Стоимость потребленных энергоносителей за 9 мес.</b>	2812,33	
<b>Котел +чиллер</b>		
Стоимость оборудования чиллера	19254,98	
Стоимость оборудования котла 80 кВт	10095,60	
<b>Всего:</b>	29350,60	
Стоимость дизтоплива, л/грн.		3,50
Расход дизтоплива в переходной период, л/время/грн.		4,60
Расход дизтоплива летом, л/время /грн.		6,40
Потребление дизтоплива, л за 4 мес.	7728,00	
Потребление дизтоплива, л за 5 мес.	13440,00	
Потребление дизтоплива,\$ за 9 мес.	14670,89	
Стоимость электроэнергии, грн.		0,156
Потребление электроэнергии чиллером, кВт		7,25
Кол-во часов использования чиллера, ч	1920,00	
Стоимость потребленной электроэнергии за 5 мес. (лета/конд)	430,00	
<b>Стоимость потребленных энергоносителей за 9 мес.</b>	15100,90	12288.56

Принятое решение круглогодичного обеспечения потребностей собственника в теплоснабжении отдельного здания с помощью гелиосистем, с одной стороны, имеет единичный, частный характер для Украины, а, с другой стороны, свидетельствует о возможности и целесообразности серийного использования с учетом требований разных заказчиков (отдельных и коллективных собственников, муниципальных структур и др.).

Учитывая позитивный опыт использования гелиосистем, следует считать целесообразной разработку механизма стимулирования привлечения инвестиций в муниципальный сектор со стороны государства через принятие национальных нормативных и законодательных актов.

Перелік посилань

1. **Газовое бытие и энергетические проблемы Украины** / А.Еременко. — Зеркало недели, №29 (577), 30.07-05.08.2005. — С. 1.
2. **Иван Плачков об электрофикации быта, «кнуте» и «прянике»...** / А.Еременко. — Зеркало недели, №29 (577), 30.07-05.08.2005. — С. 10.
3. **Лантух Н.М., Онищук Г.І., Агеєва Г.М., Щербатий В.С.** Позитивний досвід використання геліосистем в житловому фонді України / Реконструкція житла. — Вип.6. — 2005. — С. 304-311.
4. **«Сонячна садиба»** / Лантух Н.М., Онищук Г.І., Агеєва Г.М., Щербатий В.С. — Міське господарство України, №2, 2005. — С.16-17.
5. **ДБН В. 2.5** — Обладнання будинків житлового і громадського призначення системами сонячного теплопостачання. Проектування, монтаж, експлуатація (проект) / Держбуд України, 2005.
6. **Методичні рекомендації з обґрунтування техніко-економічної доцільності застосування альтернативних джерел енергії на об'єктах житлово-громадського будівництва**, схвал. НТР Держбуду України 10.02.2005 р.
7. **Энергосбережение в зданиях** // Центр энергосбережения КиевЗНИИЭП. — №19 (№3-2003). — 2003.
8. **Разработка и внедрение автоматизированной системы** солнечного горячего водоснабжения на базе ЯУМЦЕ г.Ялта: Отчет о НИР // КиївЗНДШП. — Киев, 1992.
9. **Системы солнечного тепло- и хладоснабжения.** — Г.: Стройиздат, 1990.
10. **ТП технические решения и методические рекомендации** по переоборудованию отопительных котельных в гелиотопливные установки для строительства в южных областях УССР (903-01-33.88; катал. л. №060923)
11. **ТП установки солнечного горячего водоснабжения** сезонного действия производительностью 2.5;10; 30; 40; 50 м3/сут (КиївЗНИИЭП).

Получено 22.07.05