

ПРООН/ГЭФ  
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике  
Беларусь»

**Предложения и обоснование применимости архитектурно-  
планировочных решений, других технических и конструктивных  
решений для строительства пилотного здания в Могилеве**

(этап 3.11)

Исполнитель,  
Эксперт по внедрению солнечных коллекторов  
в системах теплоснабжения и горячего  
водоснабжения в жилом секторе

В.В. Покотилов

Минск  
сентябрь 2014

## Содержание

	стр.
<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Обоснование применимости технических и конструктивных решений .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Основные предлагаемые энергоэффективные технические решения гелиосистемы теплоснабжения здания.....</b>	<b>10</b>

## **Введение**

В настоящем проекте имеет место крупноразмерная гелиосистема, для которой следует предусмотреть буферный бак-аккумулятор с промежуточным теплоносителем. Для проектируемого в Могилёве 160-ти квартирного 10-ти этажного энергоэффективного жилого дома предусматривается гелиоколлектор площадью  $388\text{м}^2$  и безнапорный бак-аккумулятор  $12,0\text{м}^3$  гелиосистемы. Предусматривается частичная передача излишков теплоты от гелиосистемы в систему отопления, чему в том числе способствуют задаваемые расчетные низкотемпературные параметры системы водяного отопления.

## 1. Обоснование применимости технических и конструктивных решений

Основные параметры гелиосистемы для проектируемого в Могилёве 160-ти квартирного 10-ти этажного энергоэффективного жилого дома были приняты на основании заданных исходных нормативов, характеристик климата и технических возможностей по размещению гелиоколлекторов проектируемой гелиосистемы на плоской кровле здания.

Для проектируемого в Могилёве жилого дома предусматривается гелиоколлектор площадью  $388\text{м}^2$  и безнапорный бак-аккумулятор  $12\text{м}^3$  гелиосистемы.

Технологические схемы, основные расчётные параметры и некоторые технические характеристики, могут быть приняты на основании следующих ориентировочных исходных данных:

1. Удельная площадь гелиоколлектора, приходящаяся на одну квартиру –  $2,0 - 3,0\text{м}^2$ ;
2. Минимальный удельный расход этиленгликоля в контуре гелиоколлектора –  $20-30\text{кг/ч}$  на  $1\text{м}^2$  гелиоколлектора;
3. Максимальный удельный расход этиленгликоля в контуре гелиоколлектора –  $60-100\text{кг/ч}$  на  $1\text{м}^2$  гелиоколлектора;
4. Расчётный удельный расход теплоносителя в контуре между баком-аккумулятором и теплообменником гелиоколлектора – не менее  $35\text{кг/ч}$  на  $1\text{м}^2$  гелиоколлектора;
5. Удельный объём теплоносителя в баке-аккумуляторе для суточного накопления теплоты – не менее  $40\text{л}$  на  $1\text{м}^2$  гелиоколлектора;

Уточняющие расчётные значения могут быть получены на основании принципиально принятых к проектированию типов и типоразмеров гелиоколлекторов с использованием электронных расчётных программ производителя или поставщика.

Годовая теплопроизводительность гелиосистемы составляет:  
 $192200\text{кВт}\cdot\text{ч}$  (летний период) +  $79000\text{кВт}\cdot\text{ч}$  (зимний период)  
 $= 271200\text{кВт}\cdot\text{ч}$

Годовая потребность тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения при наличии примерно 640 жильцов и нормы воды горячего водоснабжения  $70\text{л/человека}$  в сутки составляет:

$420000\text{кВт}\cdot\text{ч}$  (летний период) +  $520000\text{кВт}\cdot\text{ч}$  (зимний период) =  
 $940000\text{кВт}\cdot\text{ч}$

Таким образом, расчётная экономия энергоресурсов составляет 15% в зимний период и 46% в летний, а годовая экономия составит 30%. В приведенных расчётах площадь гелиоколлектора  $388\text{м}^2$  (что составляет примерно  $2,5\text{м}^2$  на одну квартиру и  $0,65\text{м}^2$  гелиоколлектора на человека).

В европейской практике в условиях схожего климата удельная площадь гелиоколлектора составляет  $0,6...0,7\text{м}^2$  на человека, что обеспечивает годовую экономию до  $40...50\%$ . Различия полученных результатов предопределены исходными реальными низкими расходами горячей воды.

Для всестороннего анализа эффективности инвестиций необходимо выполнять комплекс расчетов взаимосвязанных показателей.

К таким показателям относятся: натуральные технико-экономические показатели, основным из которых является годовой расход энергоресурсов (ожидаемая годовая экономия энергоресурсов); стоимостные показатели; критерии экономической эффективности технических решений. При расчетах учитываются как срок жизни объекта, так и сроки службы применяемых технических средств.

Годовая экономия энергоресурсов характеризует эффективность их использования. Потребляемые энергоресурсы представляют в виде эквивалентной величины расхода условного топлива  $B_y$ , *т.у.т.*, :

$$B_y = k_3(Q / 29,31 \cdot \eta_K + b_W W), \quad (1)$$

где  $k_3$  - коэффициент запаса ( $k_3 = 1,1...1,2$ );

$Q$  - годовой расход тепловой энергии, *ГДж*;

$\eta_K$  - к.п.д. котлоагрегата;

$b_W$  - расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии, *т.у.т.*;

$W$  - годовое потребление электроэнергии, *кВт·ч*.

Условное топливо  $B_y$ , *т.у.т.*, может быть пересчитано в натуральное  $B_H$ , *т* (для газа – *тыс.м<sup>3</sup>*), по формуле:

$$B_H = B_y \cdot (29,31 / q_H), \quad (2)$$

где  $q_H$  – теплота сгорания натурального топлива, *ГДж/т*, (для газа - *ГДж/ тыс.м<sup>3</sup>*).

Повышение эффективности использования энергоресурсов  $\Delta B_y$ , % :

$$\Delta B_y = [(B_y^b - B_y^h) / B_y^b] \cdot 100, \quad (3)$$

где  $B_y^b$ ,  $B_y^h$  – расход условного топлива соответственно в базовом и в новом вариантах (или в сравниваемых вариантах).

Стоимостные показатели являются исходными данными для последующего расчета эффективности затрат. К ним относятся капиталовложения, экономия текущих издержек (прирост прибыли).

*Капиталовложения (К)*, руб., рассчитываются на основании стоимости технических средств, затрат на монтаж, транспорт, наладку и услуги. Стоимость для разрабатываемых (создаваемых) технических средств

устанавливается согласно калькуляции стоимости работ; для закупаемых – по цене приобретения. Для расчета капиталовложений, при необходимости, составляются сметы на приобретение и монтаж основных средств.

*Текущие издержки*( $C$ ), руб., в случае приобретения новых (или замене действующих технических средств), а также при сравнении вариантов инвестиций представляются суммой элементов затрат:

$$C = A + P + \text{Э}, \quad (4)$$

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.;

$P$  – затраты на ремонт и обслуживание технических средств, руб.;

$\text{Э}$  – стоимость потребляемых энергоресурсов, руб.

*Экономия текущих затрат*  $\Delta C$ , руб., в случае приобретения новых технических средств:

$$\Delta C = C_C - C_H = \Delta \text{Э} - (A + P), \quad (5)$$

где  $C_C$ ,  $C_H$  – эксплуатационные издержки соответственно до и после приобретения новых технических средств (или одного и второго варианта сравнения), руб.;

$\Delta \text{Э}$  – стоимость сэкономленных энергоресурсов, руб.

Критериями экономической эффективности технических решений являются *годовые совокупные дисконтированные затраты* ( $CДЗ$ ), руб., определяемые для каждого альтернативного варианта. Анализ сводится к выбору решения с наименьшими  $CДЗ$ :

$$CДЗ_1 = \frac{K_1}{\alpha_{T1}} + (P_1 + \text{Э}_1) \quad (6)$$

$$CДЗ_2 = \frac{K_2}{\alpha_{T2}} + (P_2 + \text{Э}_2 + \Delta H) \quad (7)$$

где, соответственно по сравниваемым вариантам:

$K$  – капиталовложения, руб.;

$P$  - затраты на ремонт и техобслуживание оборудования, руб.;

$\text{Э}$  - стоимость энергоресурсов, руб.;

$\alpha_T$  - дисконтирующий множитель за расчетный период, лет;

$\Delta H$  - изменение налога на прибыль, руб.

Дисконтирующий множитель  $\alpha_T$ , лет, вычисляется по выражению:

$$\alpha_T = \frac{1 - (1 + E)^{-T}}{E}, \quad (8)$$

где  $E$  - принятая процентная ставка (норма дисконта);

$T$  - срок службы технических средств, лет.

Принимаемая в расчетах величина *процентной ставки*  $E$  (нормы дисконта) определяется, исходя из приемлемого и реально достижимого

уровня доходности вложений. Процентная ставка является базовым уровнем, в сравнении с которым оценивается эффективность. Для учета инфляции необходимо корректировать либо прогнозный денежный поток, либо базовую процентную ставку. В связи с этим возможны два метода расчета эффективности капиталовложений, которые дают практически одинаковый результат для энергосберегающих проектов:

- первый метод - *расчет в текущих ценах* - предполагает, что имеется возможность прогнозировать будущие цены на энергоресурсы, которые будут сэкономлены в результате данного проекта, и изменение цен будет учтено в расчетах. Тогда в качестве ставки дисконта используют номинальную ставку доходности, т.е. ту ставку, которая учитывает существующий темп инфляции;

- второй метод - *расчет в постоянных ценах* - применяется в тех случаях, когда трудно прогнозировать будущие инфляционные тенденции. Тогда в расчет закладываются доходы и расходы в постоянных, действующих на сегодняшний момент, ценах. При этом берется ставка доходности в реальном измерении, т.е. в виде *реальной ставки*  $E_p$ , очищенной от инфляции, определяемой по формуле

$$E_p = \frac{1 + E_H}{1 + E_{II}} - 1, \quad (9)$$

где  $E_{HP}$  - реальная процентная ставка;

$E_H$  - номинальная ставка в отн. единицах;

$E_{II}$  - среднегодовой темп инфляции (ожидаемый).

На практике в основном применяют ставку 10 % ( $E=0,1$ ), что соответствует расчетам в постоянных ценах и обеспечивает сопоставимость проектов.

Изменение налога на прибыль  $\Delta H$ , руб., определяется по формуле:

$$\Delta H = \frac{C_{НП} \cdot [(A_1 + P_1 + \mathcal{E}_1) - (A_2 + P_2 + \mathcal{E}_2)]}{100} \quad (10)$$

где  $C_{НП}$  - действующая ставка налога на прибыль, в процентах.

Если  $СДЗ$  по сравниваемым вариантам отличаются незначительно (не более, чем на 6 %), то выбор лучшего варианта следует осуществлять с помощью технико-экономической оценки по комплексу показателей. В качестве таких показателей могут служить: технические характеристики (качество регулирования, параметры надежности, срок службы); удобство в эксплуатации; комплектность; возможности дальнейшей модернизации; фирма, (страна) - производитель оборудования; цена (в том числе стоимость проектных работ, демонтажа старого оборудования и монтажа нового, сроки монтажа и др.); наличие и уровень сервисных служб; уровень квалификации обслуживающего персонала; стоимость обслуживания.

Метод выбора вариантов инвестирования по показателю *СДЗ* наиболее актуален при решении вопроса о рациональном использовании ограниченных инвестиционных ресурсов.

Для проектируемого в Могилёве жилого дома основные показатели гелиосистемы следующие.

*1.Натуральные технико-экономические показатели*

Гелиосистема имеет 2 контура с гелиоколлекторами по 108шт, всего 216шт.

Общая площадь гелиоколлекторов 388м<sup>2</sup>.

Годовая теплопроизводительность гелиосистемы  
 192200кВт\*ч (летний период)+79000кВт\*ч (зимний период)  
 =271200кВт\*ч

*1.1. Годовая теплопроизводительность гелиосистемы в виде эквивалентной величины «сэкономленного» за год условного топлива*  
 $271200/8160=33,3$  т.у.т. (или 271200кВт\*ч)

*1.2. Годовой расход электроэнергии для гелиосистемы*  
 Установочная мощность электрооборудования для гелиосистемы составляет не более 1,5кВт. При этом потребляемая мощность в среднем не более 0,8кВт. Тогда годовой расход электроэнергии составит  
 $0,8*24*365=7008$ кВт\*ч

*1.3. Годовая потребность тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения, исходя из нормы 70л/человека в сутки*

При наличии примерно 640 жильцов годовая потребность тепловой энергии:

$420000$ кВт\*ч (летний период)+ $520000$ кВт\*ч (зимний период) =  
 $940000$ кВт\*ч



**2. Стоимость инженерного оборудования для гелиосистемы и монтажных работ**

№ поз.	Наименование	Стоимость единицы, доллар США	Количество	Общая стоимость, доллар США
1	2	3	4	5
<b>Гелиосистема горячего водоснабжения</b>				
	Гелиоколлектор	520	216	112320
	Детали соединительные	90	216	19440
	Металлоконструкции	1000	6	6000
	Бак –аккумулятор горячей воды емкостью 12m <sup>3</sup>	10000	1	12000
	Электронный контроллер	1000	2	2000
	Пластинчатый теплообменник	1500	4	6000
	Циркуляционный насос	400	2	800
	Циркуляционный насос	600	2	1200
	Клапаны регулирующие с электрическими сервомоторами	250	4	1000
	Трубопроводы, арматура	-	-	15000
	Монтажные и наладочные работы	-	-	15000
<b>Всего:</b>				<b>190760</b>

Примечание:

в объемы работ не включены общестроительные работы.

## **2. Основные предлагаемые энергоэффективные технические решения гелиосистемы теплоснабжения здания**

На рис.1 показана общая схема гелиосистемы для 160-ти квартирному 10-ти этажного энергоэффективного жилого дома в г. Могилёве. Применяется циркуляционный насос с электронным управлением частотой вращения, которая изменяется при изменении сопротивления системы под воздействием клапана поз.8. Приведенный принцип управления позволяет почти в 1,5 раза увеличить годовую теплопроизводительность гелиосистемы за счёт эффективного использования малой интенсивности излучения в облачный период, а также в утренние и вечерние часы.

Позиционный регулятор поз.14а настраивается на температуру  $92^{\circ}\text{C}$ , при превышении которой с помощью циркуляционных насосов и теплообменника поз.12 излишки производимой гелиосистемами теплоты перекачиваются через теплообменник в систему отопления. При понижении температуры до  $85^{\circ}\text{C}$  позиционный регулятор поз.14а выключает циркуляционные насосы.

Буферный бак-аккумулятор поз.2 заполняется водой из тепловой сети по датчику уровня поз.15. Бак работает под атмосферным давлением, имеет систему аварийной сепарации и сброса пара в атмосферу при аварийном закипании воды в баке. Бак изготавливается из котловой или обычной стали. Внутренние элементы бака: сепаратор поз.2а, перфорированный распределитель поз.2б и др., предназначенные для поддержания температурного расслоения в баке, изготавливаются из нержавеющей стали.

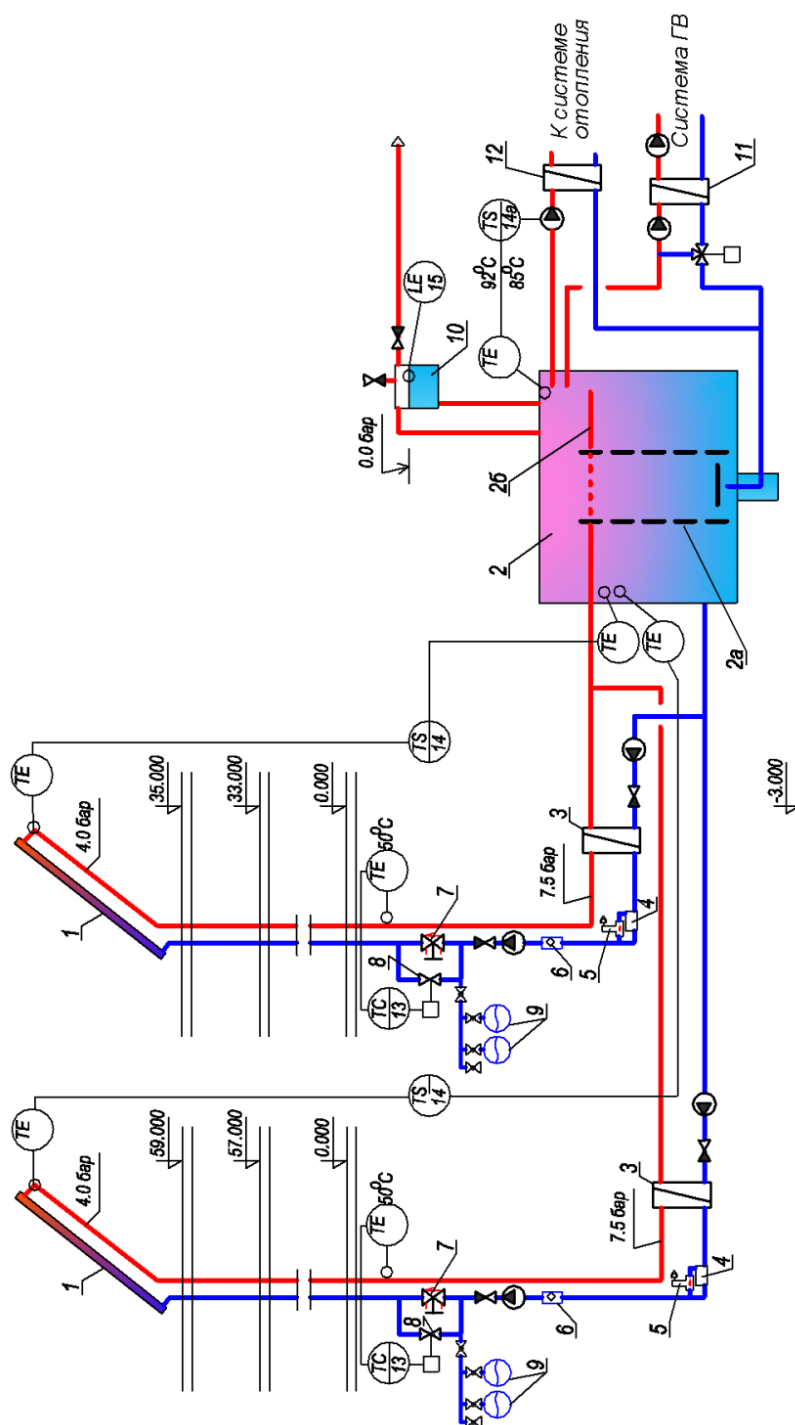


Рис.1. Схема геосистемы 160-ти квартирного 10-ти этажного жилого дома 1-геоколлекторы по  $194\text{м}^2$ ; 2-буферный бак  $12\text{м}^3$ ; 3-пластинчатые разборные теплообменники; 4-воздухосборник; 5-сепаратор воздушный; 6-визуальный расходомер; 7-балансовый вентиль минимального расчётного расхода; 8-клапан повышения расхода; 9-расширительные баки; 10-расширительный бак; 11-разборный теплообменник горячего водоснабжения; 12-разборный теплообменник для теплоносителя системы отопления; 13-пропорциональный регулятор; 14(14а)-контроллер геосистемы; 15-датчик уровня системы подпитки.

При конструктивном построении на кровле здания отдельных элементов гелиоколлектора следует учитывать задаваемый угол наклона гелиоколлектора и высоту солнца над горизонтом.

#### Определение азимута и высоты солнца над горизонтом

широта	53,9	Могилёв	2012 год
Месяц (15 число)	Азимут (град)	Высота над горизонтом (град) в 12 часов	Максимальная высота над горизонтом (град)
январь	175.5	14.7	14.8
февраль	173.7	22.9	23.1
март	174.4	33.9	34
апрель	155.8	43.8	45.9
май	153.6	52.8	55
июнь	149.7	56.7	59.4
июль	148.6	54.5	57.6
август	152.8	47.5	50.1
сентябрь	159.4	37.3	39
октябрь	164.6	26.4	27.5
ноябрь	181.4	17.5	17.6
декабрь	178.9	12.8	12.8

Примем в расчёт работу гелиоколлекторов по октябрь месяц, начиная с февраля. Тогда можно задаться высотой над горизонтом примерно 24 град. и углом наклона гелиоколлектора 40град., как максимально необходимым для получения максимального количества энергии с потерей не более 5% при ориентации гелиоколлектора на ЮГО-ЗАПАД.