ОТЧЕТ

по проекту ПРООН/ГЭФ

«Учёт экологических факторов при подготовке и проведении

Олимпиады Сочи 2014: Стратегия и план действий

для формирования «зелёного населения»

Исследования по использованию возобновляемых источников энергии строящихся олимпийских объектов

2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение…….. 3

Глава 1. Оценка возможностей дополнительного размещения возобновляемых источников энергии на олимпийских объектах…… . 4

1.1 История организации и проведения консультаций с компетентными представителями ГК Олимпстрой и оргкомитета Сочи 2014……. . 4

1.2 Результаты изучения планов строительства олимпийских объектов, в том числе объектов тепло – и энергоснабжения……. .. 5

1.3 Определение приоритетности использования ВИЭ на олимпийских объектах…… .6

1.4 Рекомендации по использованию ВИЭ для олимпийских инвестиционных проектов с применением наименее затратных подходов…...…….15

Глава 2. Пилотные исследования по использованию ВИЭ при проектировании объектов……. 20

2.1 Исследование возможностей демонстрации технологий использования возобновляемых источников (энергии, солнца, тепловых насосов) на примере Сочинского экологического, образовательного и научного центра……. . .20

2.2 Создание типовой гелиоустановки для теплоснабжения объектов…. .23

Глава 3. Создание демонстрационного центра геотермально – солнечного теплоснабжения……. . …… . .34

Глава 4. Конференции и иные мероприятия по вопросам энергии из ВИЭ в Большом Сочи и Краснодарском Крае…….41

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа выполнена в соответствии с техническим заданием за период с 15.11.2011 г. по 30.06.2012 г. по следующим направлениям:

- использование возобновляемых источников энергии на строящихся олимпийских объектах;
- исследования по использованию ВИЭ в проектировании зданий для Сочинского экологического образовательного и научного центра;
- проведение конференций и семинаров по вопросам использования ВИЭ;
- научные трубы по результатам исследований использования ВИЭ;
- создание демонстрационного центра геотермально-солнечного теплоснабжения;
- создание типовой гелиоустановки для теплоснабжения объектов.

Глава 1.

Оценка возможностей дополнительного размещения возобновляемых источников энергии на олимпийских объектах.

1.1.История организации и проведения консультаций с компетентными представителями ГК Олимпстрой и Оргкомитета Сочи 2014.

Работа по использованию ВИЭ на объектах ГК «Олимстрой» ведется с сентября 2011 г. со следующими должностными лицами:

- Авербух Л.М. – начальник отдела экологической экспертизы и сертификации ГК «Олимпстрой»;
- Носачева Е.И. - главный специалист отдела нормирования и экологической экспертизы департамента экологической сертификации и методического сопровождения ГК «Олимпстрой»;
- Лепешев Д.А. - ведущий специалист отдела экологической экспертизы и сертификации ГК «Олимстрой».

В настоящее время подготовлены и отправлены в ГК «Олимпстрой» следующие документы:

- соглашение о конфиденциальности информации;
- опросные листы по параметрам и показателям установок с использованием ВИЭ;
- опросной лист по энергосберегающим мероприятиям на олимпийских объектах;
- оценочные расчёты по использованию ВИЭ на олимпийских объектах.

Результаты работы по состоянию на 20.06.2012 представлены в промежуточном отчёте, а также апробированы на семинаре 18.11.2011 г. в Сочи «Учёт экологических факторов при подготовке и проведения Олимпиады Сочи 2014: Стратегия и план действий для формирования «Зелёного наследия». Опыт Великобритании по учёту экологических факторов при подготовке и проведению Олимпиады Сочи 2014».

1.2 Результаты изучения планов строительства олимпийских объектов, в том числе объектов тепло - и энергоснабжения.

На основании изучения материалов ГК «Олимпстрой» установлены следующие объекты для энергоснабжения которых используются возобновляемые источники энергии:

1. Большая ледовая арена

Для энергоснабжения наружного освещения, предусмотрены фотоэлектрические источники питания и преобразователи с системой автоматизированного переключения режимов работы.

2. Учебно-административный корпус Российского международного олимпийского университета

Запланирована установка солнечных модулей для использования накопленной электроэнергии в системе бесперебойного питания (в т.ч. для подсветки корпусов, уличного освещения и систем орошения).

3. Коттеджный поселок в Горной деревне

Планируется использование в качестве отопительной системы – тепловых насосов и электрических обогревателей.

4. Swisshotel Roza Khutor Resort 5* на 157 номеров в Горной деревне

Выявлена целесообразность применения солнечных батарей при устройстве наружного освещения и для архитектурного освещения фасада здания.

5. Железнодорожный вокзал «Адлер»

Запроектированы фотоэлектричекие преобразователи для электроснабжения.

В декабре 2011 года выполнена экспертиза Перспективной (генеральной) схемы теплоснабжения города Сочи в шести томах, разработанной ОАО «Институт водоканал НИИ проект» по контракту № ДГХ – 06 – 2011 г. Подготовлено экспертное заключения на корректировку Схемы теплоснабжения.

1.3 Определение приоритетности использования ВИЭ на олимпийских объектах.

Для определения методики приоритетности использования ВИЭ на олимпийских объектах разработана специальная методика, сущность которой состоит в анализе системы частных показателей видов ВИЭ, представленных в виде коэффициентов. Система коэффициентов дополнена оценкой значимости каждого из них.

Система частных показателей состоит из :

1.Коэффициента удельной энергопроизводительности K_1 ,

рассчитываемого как отношение количества первично получаемой энергии данного вида ВИЭ к расчётной теплотворной способности условного топлива.

2. Коэффициент степени энергетических преобразований K_2,

рассчитываемого как отношение первично получаемой энергии данного вида ВИЭ (химическая, механическая, тепловая) к наиболее энергетически универсальной – электрической энергии.

3. Коэффициент температурного уровня K_3, рассчитываемого как отношение температуры первичного вида ВИЭ к температуре 100 ^{0}С.

4. Коэффициент оценки степени распространения и величины потенциальных запасов K_4, рассчитываемого как отношение экспертной оценки отдельных видов ВИЭ к наиболее распространённому из них.

5. Коэффициент освоенности технологии K_3 , рассчитываемого как отношение экспертной оценки освоенности технологии использования отдельных видов ВИЭ для теплоснабжения к теплоснабжению от котельных на ископаемом органическом топливе.

Для оценки важности отдельных коэффициентов применён метод попарного сравнения путём матричного исчисления. В этой матрице каждый частный показатель строки последовательно сравнивается с каждым частным показателем столбца. Если. $К_i$, - частный показатель строки матрицы; K_j - частный показатель столбца, то при $К_i > К_j$ на пересечении строки i и столбца j указывается «1», а на пересечении строки j и столбца i – «О». При $К_i < К_j$ на пересечении строки i и

столбца j указывается «О», а на пересечении строки j и столбца i - «1». При одинаковом соотношении показателей $К_i$ и $К_j$ на пересечении строки i и столбца j ставится оценка «0,5».Затем подсчитывается сумма оценок по каждой строке матрицы и полученные суммы переводятся в весовые единицы (в долях единицы).

Расчёт обобщающей оценки приоритетности использования отдельных видов ВИЭ для теплоснабжения производится по формуле:

$$y = \sum \beta_i K_i$$

где β_i - оценка важности i –го частного показателя;

K_i - i-ый - частный показатель.

Расчёт частных показателей.

Выполнен по экспертным оценкам.

1.Коэффициент удельной энергопроизводительности K_i .

1.1 Солнечной энергии рассчитываете (табл.1) для характерной единицы измерения кг/час при определённой температуре нагрева теплоносителя в гелиоколлекторе.

Таблица 1

Расчёт коэффициента K_1^1 солнечной энергии.

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_1^1	0,0057	0,0079	0,0057	0,0071	0,0057
Расчётная формула	$\frac{40}{7000}$	$\frac{55}{7000}$	$\frac{40}{7000}$	$\frac{50}{7000}$	$\frac{40}{7000}$
K_{1CP}^1			11		

1.2.Геотермальной энергии рассчитывается (табл. 2) для характерной единицы измерения мз/час при определённой температуре геотермальной воды на устье скважины.

Таблица 2

Расчёт коэффициента K_1^2 геотермальной энергии.

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_1^2	10	12,86	11,43	10	10,71
Расчётная формула	$\frac{70000}{7000}$	$\frac{90000}{7000}$	$\frac{80000}{7000}$	$\frac{70000}{7000}$	$\frac{75000}{7000}$
$K_{1\,CP}^1$			11		

1.3. Энергия биомассы рассчитывается (табл. 3) в диапазоне расчётной теплотворной способности биогаза.

Таблица 3

Расчёт коэффициента K_1^3 биомассы.

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_1^3	0,71	0,75	0,71	0,76	0,79
Расчётная формула	$\frac{5000}{7000}$	$\frac{5250}{7000}$	$\frac{5000}{7000}$	$\frac{5300}{7000}$	$\frac{5500}{7000}$
$K_{1\,CP}^3$			0,74		

1.4. Энергия ветра рассчитывается (табл.4) для характерной единицы измерения м/с/кВт

Таблица 4

Расчёт коэффициента K_1^4 ветра

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_1^4	0,123	0,123	0,123	0,123	0,123
Расчётная формула	$\frac{1860}{7000}$	$\frac{1860}{7000}$	$\frac{1860}{7000}$	$\frac{1860}{7000}$	$\frac{1860}{7000}$
$K_{1\,CP}^4$			0,123		

1.5. Тепловой градиент моря рассчитывается (табл.5) для характерной единицы измерения мз/час при определённом температурном диапозоне морской воды

Таблица 5

Расчёт коэффициента K_1^5 моря

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_1^5	1,14	1,43	1,14	0,57	0,71
Расчётная формула	$\frac{8000}{7000}$	$\frac{10000}{7000}$	$\frac{8000}{7000}$	$\frac{4000}{7000}$	$\frac{5000}{7000}$
$K_{1\,CP}^5$			1,0		

2. Коэффициент степени энергетических преобразований K_2

2.1 Солнечной энергии рассчитывается согласно табл.6

Таблица 6

Расчёт коэффициента K_2^1 солнечной энергии

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_2^1	0,4	0,3	0,36	0,4	0,35
Расчётная формула	$\frac{0,4}{1}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,36}{1}$	$\frac{0,4}{1}$	$\frac{0,35}{1}$
K_{2cp}^1			0,36		

2.2. Геотермальной энергии рассчитывается согласно табл.7

Таблица 7

Расчёт коэффициента K_2^2 геотермальной энергии

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_2^2	0,36	0,4	0,3	0,33	0,42
Расчётная формула	$\frac{0,36}{1}$	$\frac{0,4}{1}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,33}{1}$	$\frac{0,42}{1}$
K_{2cp}^2			0,36		

2.3. Энергия биомассы рассчитывается согласно табл.8

Таблица 8

Расчёт коэффициента K_2^3 биомассы

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_2^3	0,3	0,35	0,28	0,31	0,34
Расчётная формула	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,35}{1}$	$\frac{0,28}{1}$	$\frac{0,31}{1}$	$\frac{0,34}{1}$
K_{2cp}^3			0,32		

2.4. Энергия ветра рассчитывается согласно табл.9

Таблица 9

Расчёт коэффициента K_2^4 ветра

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_2^4	1	1	1	1	1
Расчётная формула	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$
K_{2cp}^4			1		

2.5. Тепловой градиент моря рассчитывается согласно табл. 10

Таблица 10

Расчёт коэффициента K_2^5 моря

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_2^5	0,3	0,31	0,32	0,3	0,3
Расчётная формула	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,31}{1}$	$\frac{0,32}{1}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,3}{1}$
K_{2cp}^5			0,31		

3. Коэффициент температурного уровня $К_3$

3.1 Солнечной энергии рассчитывается согласно табл. 11

Таблица 11

Расчёт коэффициента K_3^1 солнечной энергии

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_3^1	0,4	0,55	0,4	0,5	0,4
Расчётная формула	$\frac{40}{100}$	$\frac{55}{100}$	$\frac{40}{100}$	$\frac{50}{100}$	$\frac{40}{100}$
$K_{3ср}^1$			0,45		

3.2. Геотермальной энергии рассчитывается согласно табл. 12

Таблица 12

Расчёт коэффициента K_3^2 геотермальной энергии

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_3^2	0,7	0,9	0,8	0,7	0,75
Расчётная формула	$\frac{70}{100}$	$\frac{90}{100}$	$\frac{80}{100}$	$\frac{70}{100}$	$\frac{75}{100}$
$K_{3ср}^2$			0,77		

3.3. Энергия биомассы

$K_3^3=1$

3.4. Энергия ветра

$K_3^4=1$

3.5. Тепловой градиент моря рассчитывается согласно табл. 11

Таблица 11

Расчёт коэффициента K_3^5 моря

Номера экспертов	1	2	3	4	5
K_3^5	0,08	0,1	0,08	0,04	0,05
Расчётная формула	$\frac{8}{100}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{8}{100}$	$\frac{4}{100}$	$\frac{5}{100}$
$K_{3ср}^5$			0,07		

4. Коэффициент оценки степени распространения и потенциальных запасов согласно табл.3.5.

4.1 Солнечной энергии

K_4^1=1

4.2 Геотермальной энергии

K_4^2=0,2

4.3 Энергии биомассы

K_4^3=1

4.4 Энергия ветра

K_4^4=1

4.5 Тепловой градиент моря

K_4^5=0,5

5. Коэффициент освоенности технологии использования ВИЭ для теплоснабжения см. табл. 12

Таблица 12.

Расчёт коэффициента $К_5$

номера экспертов	1	2	3	4	5
K_5^1	1	0,8	1	0,5	0,9
$K_{5ср}^1$			0,84		
K_5^2	1	1	1	0,8	0,5
$K_{5ср}^2$			0,86		
K_5^3	0,5	0,4	0,1	0,5	0,5
$K_{5ср}^3$			0,4		
K_5^4	0,1	0,2	0,1	0	0,1
$K_{5ср}^4$			0,1		
K_5^5	0,1	0,1	0	0	0,1
$K_{5ср}^5$			0,06		

Таблица 13.

Матрица оценки важности частных показателей

К	Частные показатели					Сумма по строкам	Оценка важности показателей β
	$К_1$	$К_2$	$К_3$	$К_4$	$К_5$		
$К_1$	X	1	1	0,5	0	2,5	$\frac{2,5}{10}=0,25$
$К_2$	0	X	0	0	0	0	0
$К_3$	0	1	X	0	0	1	$\frac{1}{10}=0,1$
$К_4$	0,5	1	1	X	1	3,5	$\frac{3,5}{10}=0,35$
$К_5$	1	1	1	0	X	3	$\frac{3}{10}=0,3$
ИТОГО:						10	1,00

Расчёт обобщающей оценки приоритетности использования ВИЭ для теплоснабжения

$$y = \sum_{i=1}^{5} K_i \beta_i$$

1. Солнечная энергия

y_1=0,0064 x 0,25 + 0,36 x 0 + 0,45 x 0,41 x 0,1+ 1 x 0,35 + 0,84 x 0,3 = 0,649

2 Геотермальная энергия

y_2 = 11 x 0,25 + 0,36 x 0 + 0,77 x 0,1 + 0,2 x 0,35 + 0,86 x 0,3 = 3,16

3 Энергии биомассы

y_3 = 0,74 x 0,25 + 0,32 x 0 + 1 x 0,1 + 1 x 0,35 + 0,4 x 0,3 = 0,755

4 Энергия ветра

y_4 = 0,123 x 0,25 + 1 x 0 + 1 x 0,1 + 1 x 0,35 + 0,1 x 0,3 = 0,51

5 Тепловой градиент

y_5 = 1,0 x 0,25 + 0,31 x 0 + 0,07 x 0,1 + 0,5 x 0,35 + 0,0 6 x 0,3 = 0,45

Следовательно, в соответствии с данной методикой отдельные виды ВИЭ применительно к теплоснабжению олимпийских объектов характеризуются следующими обобщёнными оценками :

1. Геотермальной энергии – 3,16
2. Энергии биомассы – 0,755
3. Солнечной энергии – 0,649
4. Энергия ветра – 0,51
5. Тепловой градиент моря – 0,45

1.4 Рекомендации по использованию ВИЭ для олимпийских инвестиционных проектов с применением наименее затратных подходов.

Анализ мирового опыта использования ВИЭ, в том числе на олимпийских объектах (Пекин, 2008 г.) показал, что наименьшие сроки окупаемости имеет использования солнечной энергии для теплоснабжения.

При отсутствии в настоящее время в России государственной поддержки сооружения энергоустановок с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в том числе солнечной энергии, экономическая целесообразность сооружения гелиоустановок по существу определяется двумя основными факторами: капитальным затратами на их строительство и стоимостью замещаемой тепловой энергии. С определенным упрощением эта зависимость может быть определена по формуле:

$$T = \frac{k_р (1 + k_о)}{\Sigma S_р \cdot \eta_г \cdot k_э \cdot C_т \cdot k_и},$$

(1)

где Т – срок экономической окупаемости (лет); $k_р$ – удельная стоимость гелиоустановки, руб./м^2; $k_о$ – коэффициент эксплуатационных затрат гелиоустановки; $\Sigma S_р$ - суммарная интенсивность солнечной радиации, кВт·ч/м^2·год; $\eta_г$ – коэффициент полезного действия гелиоустановки; $k_э$ – коэффициент использования гелиоустановкой солнечной радиации; $C_т$ – стоимость замещаемой тепловой энергии (тариф), руб./кВт-ч; $k_и$ – прогнозный коэффициент роста тарифа.

Предварительная укрупненная стоимость гелиоустановки может быть определена на основании её структуры. На рисунке 1 представлена структура сметной стоимости гелиоустановок из опыта строительства в Краснодарском крае. На рисунке 2 представлена аналогичная структура для германских гелиоустановок. Как следует из приведенных структур основными, определяющими являются затраты на приобретение солнечных коллекторов. Они в среднем в России составляют 50 %. Из анализа рынка плоских солнечных коллекторов установлено, что их стоимость определяется многими факторами,

основными из которых являются конструктивные решения абсорберов (медь, алюминий, специальное селективное покрытие), прозрачной изоляции (солнечное или обычное стекло, поликарбонат), корпусов (корыто или рамные). Существенным фактором является гарантийный срок (у германских производителей – до 5 лет) при сроке службы 20 лет. Удельная стоимость апробированных в России СК составляет от 5000 до 15000 руб./м^2. Применение вакуумных СК в российских условиях носит единичный характер. Опыт их использования в Германии не выявил существенных преимуществ по производительности в течении отопительного периода при существенно больших удельных стоимостях 15000-25000 руб./м^2. Следует учитывать, что мировыми лидерами по производству вакуумных СК являются китайские производители и сложно добиться исполнения ими гарантийных обязательств.

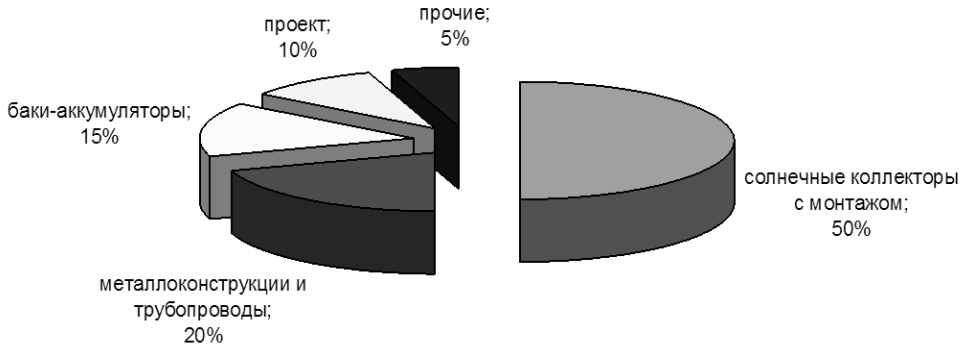


Рисунок 1 - Структура затрат при сооружении гелиоустановок в России

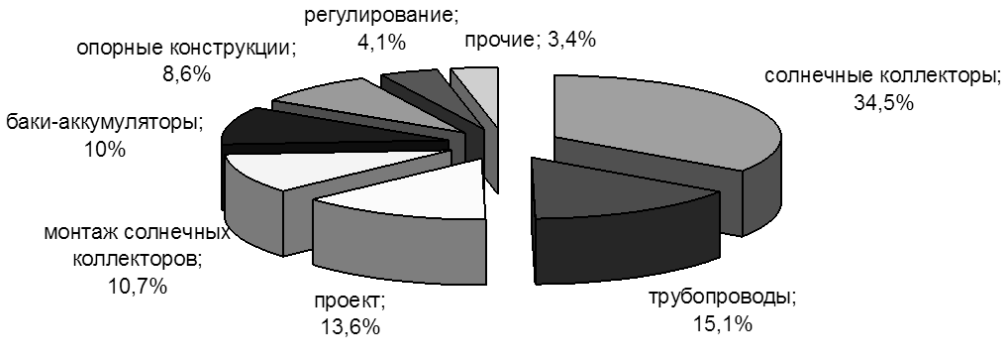


Рисунок 2 - Структура затрат при сооружении гелиоустановок в Германии

Эксплуатационные затраты современных гелиоустановок, по годовому опыту эксплуатации самой большой в России автоматизированной круглогодичной трехконтурной гелиоустановки в г. Усть-Лабинске

Краснодарского края площадью 600 м^2 , составляют около 1 % сметной стоимости и определяются в основном затратами электроэнергии на привод насосов.

Суммарная интенсивность солнечной радиации за период работы гелиоустановки может быть определена по Атласу. Опыт работы автоматизированных гелиоустановок с датчиками солнечной радиации показал, что при расчете солнечной радиации следует вводить поправочный понижающий коэффициент от 10 до 20 % в зависимости от региона. Данный коэффициент в основном учитывает утренние и вечерние периоды, когда интенсивность солнечной радиации мала или недостаточна для экономически целесообразной работы гелиоустановки.

К.П.Д. гелиоустановки определяется эффективностью СК, которая приводится в паспортах коллекторов по материалам стендовых испытаний по стандартным условиям. К.П.Д. современных плоских СК составляет от 70 до 80 %, вакуумных СК – до 87 %.

При оценке К.П.Д. гелиоустановок следует иметь ввиду, что эффективность СК в реальных условиях ниже, чем в стандартных. Гелиоустановки включают в свой состав и другое оборудование (теплообменники, баки-аккумуляторы), что в результате дополнительно снижает К.П.Д. Опыт эксплуатации гелиоустановок показал, что их реальный К.П.Д. составляет 50-60 %.

Стоимость замещаемой гелиоустановкой тепловой энергии (тариф) индивидуальна для каждого случая применения гелиоустановки. Она в большинстве своем для населения утверждается региональной энергетической комиссией (РЭК) и существенно различается в зависимости от вида энергии: максимальные значения для электрической энергии, минимальные для природного газа. При расчете сроков окупаемости следует учитывать ежегодный рост тарифов. Так, в 2012 г. в Краснодарском крае предельное значение повышения тарифов составило 15 %. Прогнозирование роста тарифов в России на срок более двух лет нереально, а при сроках окупаемости гелиоустановок более 5 лет – нецелесообразно.

С учетом изложенного, формулу (1) можно записать в следующем виде:

$$T = \frac{k_г}{S'_р \cdot \eta_г \cdot C_т}, \qquad (2)$$

где $S'_р$ - интенсивность солнечной радиации в плоскости СК за расчетный период работы гелиоустановки (сезонный, круглогодичный) с учетом среднесуточного использования солнечной радиации гелиоустановкой.

На рисунке 3 представлен график для определения срока окупаемости гелиоустановок. Для гелиоустановки горячего водоснабжения в Краснодарском крае при круглогодичной эксплуатации и суммарной солнечной радиации в плоскости солнечных коллекторов 1000 кВт·ч/м^2 и К.П.Д. гелиоустановки 50 % при стоимости замещаемой тепловой энергии 2 руб./ кВт·ч (газовая котельная) для гелиоустановки с удельной сметной стоимостью 10000 руб./м^2, расчетный срок окупаемости составит 10 лет. Замещение гелиоустановкой тепловой энергии при стоимости 4 руб./кВт·ч (электрическая энергия) при прочих условиях первого примера определяет срок окупаемости 7,5 лет.

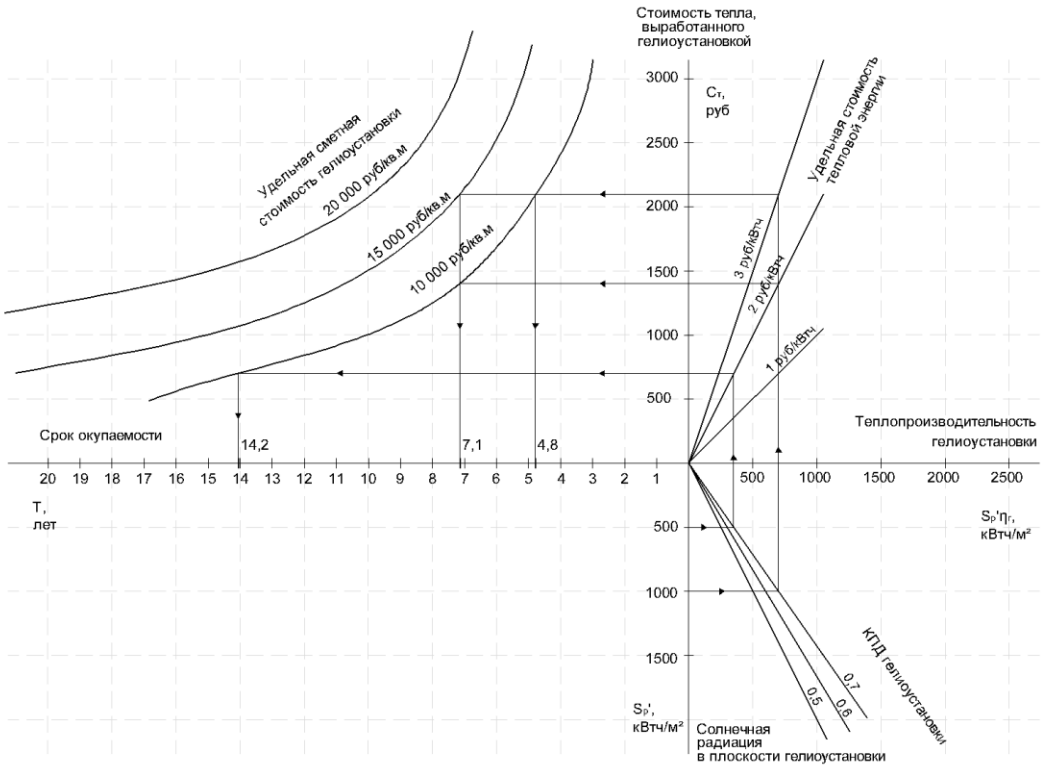


Рисунок 3 – График определения срока окупаемости гелиоустановок

С учётом изложенного предложенный на рисунке 3 график позволяет на предварительном стадии оценить приемлемые сроки окупаемости при различных вариантах оборудования его эффективности и схем гелиоустановок для конкретных значений стоимости замещаемой тепловой энергии.

Глава 2

Пилотные исследования по использованию ВИЭ при проектирование объектов

2.1 Исследование возможностей демонстрации технологий использования возобновляемых источников (энергии солнца, тепловых насосов) на примере Сочинского экологического, образовательного и научного центра.

ООО «Центр проектно-сметной документации «Норматив» и ООО «САПМ «Троя» для Сочинского экологического образовательного и научного центра выполнены проекты сблокированных зданий лабораторного корпуса и актового зала, а также гостевого дома. Для теплоснабжения зданий лабораторного корпуса и актового зала запроектирована гелиоустановка в составе 48 солнечных коллекторов на кровле актового зала. Размещение солнечных коллекторов представлено на рисунке 2.1, план кровли с компоновкой солнечных коллекторов приведено на рисунке 2.2. Гостевой дом представлен на рисунке 2.3.

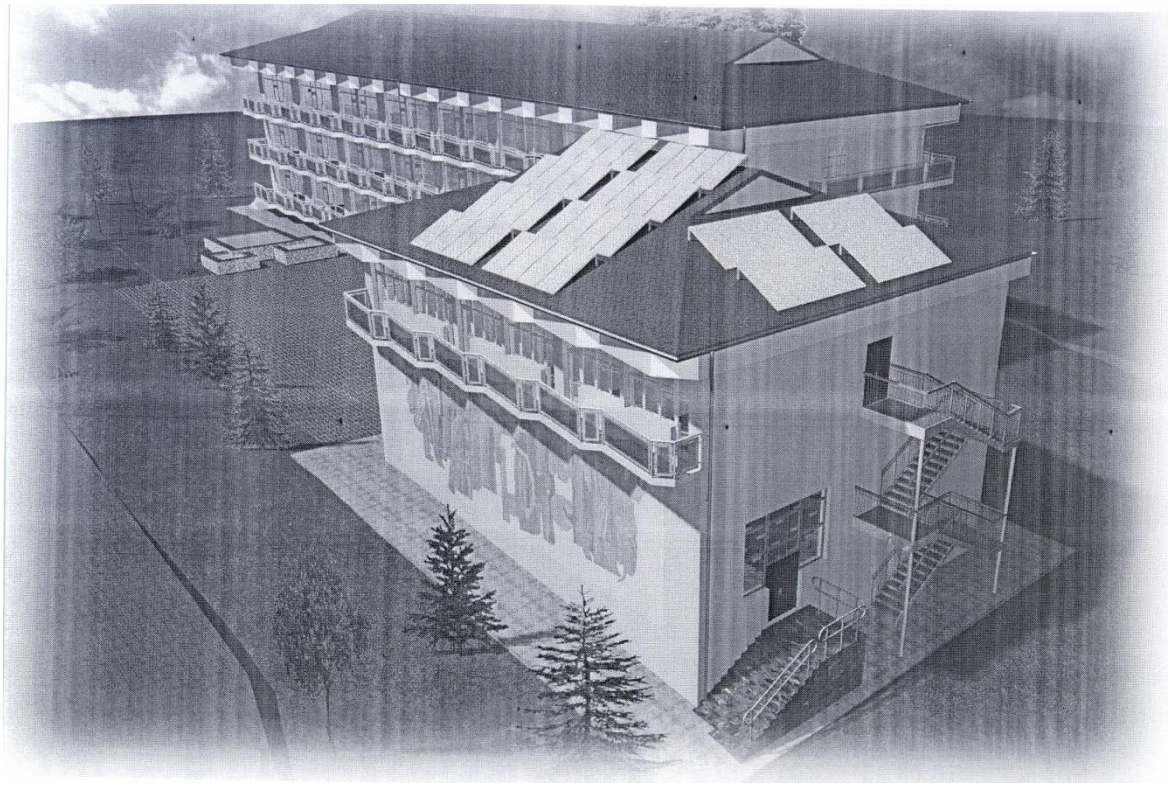


Рисунок 2.1 – Размещение солнечных коллекторов на кровле актового зала

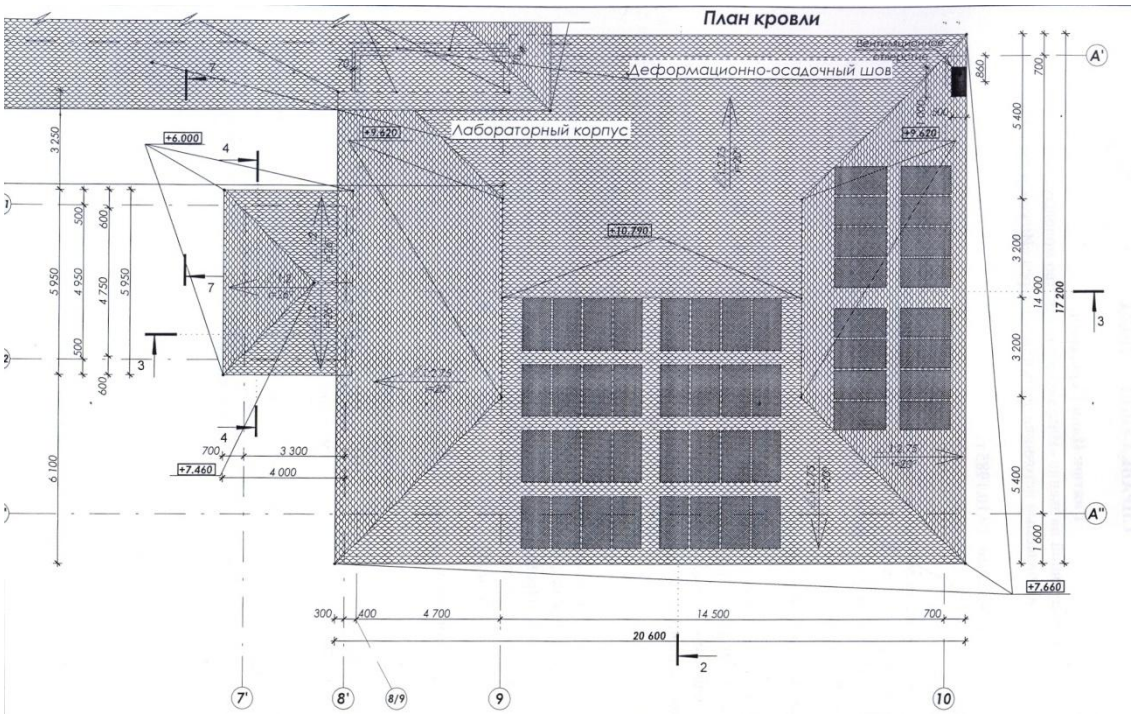


Рисунок 2.2 – План кровли актового зала с компоновкой солнечных коллекторов

Рисунок 2.3 – Гостевой дом. Фасад здания

По состоянию на январь 2012 г. здания лабораторного корпуса, актового зала и гостевого дома завершены строительством и введены в эксплуатацию. При обследовании указанных зданий установлено, что предусмотренные проектом 48 солнечных коллекторов на кровле актового зала не смонтированы. Без проектной документации на кровле гостевого дома установлено 8 шт. солнечных коллекторов с габаритами 1х2 м для горячего водоснабжения (рисунок 2.4).

Рисунок 2.4 – Солнечные коллекторы, смонтированные на кровле гостевого дома

Вопросы по использованию ВИЭ на зданиях Сочинского образовательного и научного центра 24-25 апреля 2012 г. были обсуждены с директором Центра Ивониным Владимиром Михайловичем. Исполнительная техническая документация и ответственный за эксплуатацию гелиоустановок отсутствуют. Ивонин В.М. заявил о незаинтересованности Центра в использовании ВИЭ.

В результате обследования зданий Центра установлено, что для данного объекта целесообразно использование солнечной энергии. При этом принципиальное значение имеет экономическая целесообразность применения гелиоустановок.

2.2. Создание типовой гелиоустановки для теплоснабжения объектов.

В России в настоящее время отсутствуют нормативные документы по проектированию и строительству солнечных водонагревательных установок (гелиоустановок). В то же время создание гелиоустановок большой мощности (более 100 кВт) является сложной инженерной задачей, при решении которой необходимо адаптировать зарубежный опыт к российским условиям. Низкая стоимость замещаемой энергии и отсутствие государственной поддержки вынуждают разработчиков принимать компромиссные решения по используемому оборудованию и схемным решениям.

Основным параметром, определяющим мощность и окупаемость гелиоустановок является солнечная радиация (прямая, рассеянная, суммарная). В современной инженерной практике в основном применяют значения солнечной радиации по компьютерным базам данных /1/, две из которых NASA (США) и Метеонорм (Швейцария) охватывают территорию России. На основе программы NASA в Альбоме /2/ представлены расчётные данные по солнечной радиации для регионов России. В Краснодарском крае на основе обработки многолетних (20-30 лет) данных солнечной радиации для всех городов региона получены достоверные значения, подтверждённые практикой сооружения гелиоустановок /3/. На основании сопоставления указанных данных со значениями по компьютерной базе данных NASA установлено, что при использовании последней имеет место

расхождение годовой интенсивности суммарной солнечной радиации до 7,8 %, а по отдельным месяцам до 18,3 % /4/.

При проектировании гелиополя как правило задаются размеры земельного участка или кровли здания на котором требуется разместить оптимальное количество солнечных коллекторов. Для выделенного земельного участка гелиополя в г. Усть-Лабинске определена оптимальная площадь солнечных коллекторов (СК) из условий затенения рядов СК. Установлено, что сокращение этого расстояния с 3,8 м (полное отсутствие затенения в декабре) до 1,2 м (частичное затенение) приводит к уменьшению годовой теплопроизводительности гелиоустановки (ГУ) на данном земельном участке на 9,5 %, что сопоставимо с погрешностью при обработке данных солнечной радиации. Общая площадь требуемого земельного участка при этом сократилась на 47 % /5/.

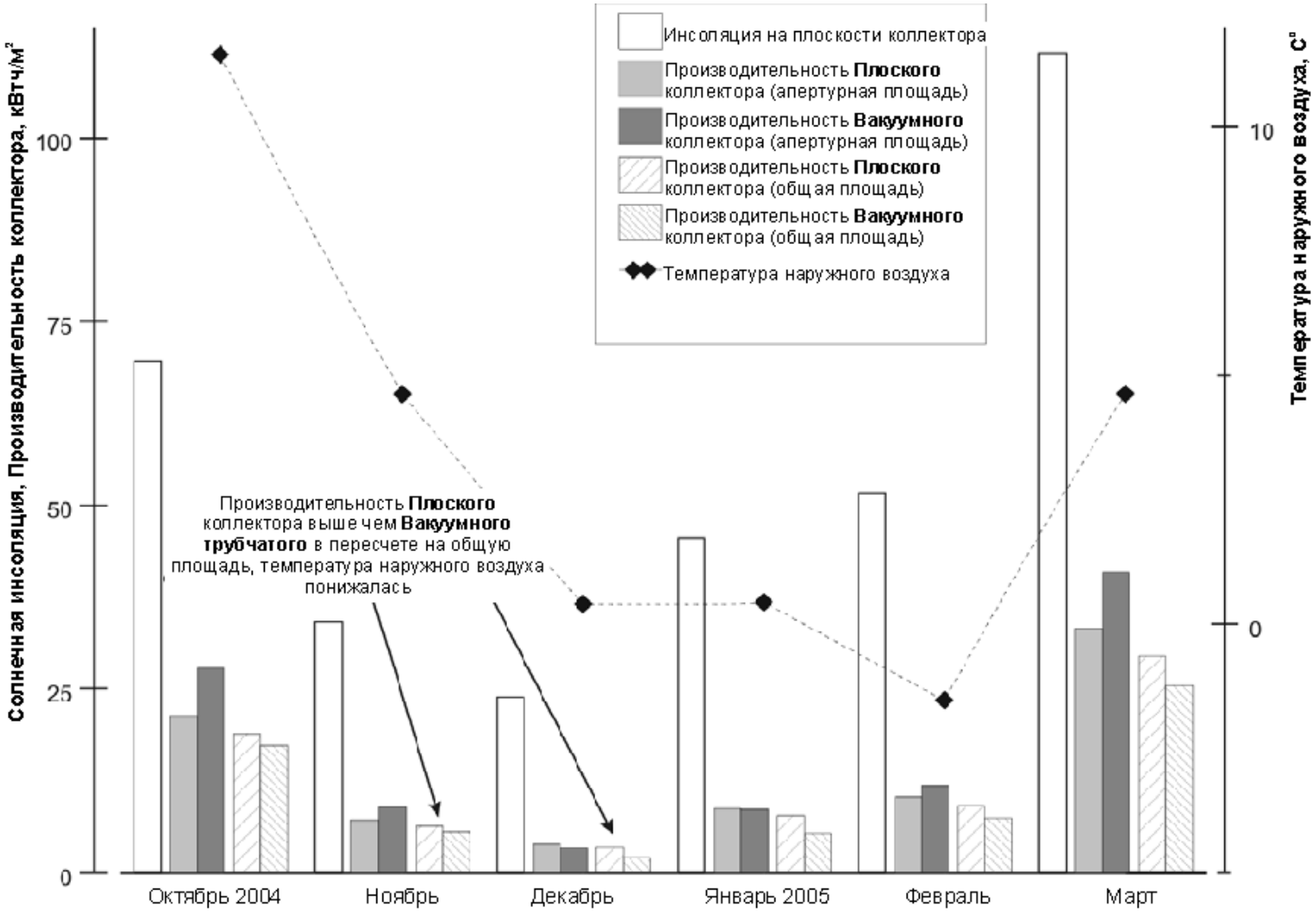


Рисунок 2.5 – Графики производительности плоских и вакуумных трубчатых солнечных коллекторов

Основным оборудованием ГУ являются солнечные коллекторы, характеристики которых определяют эксплуатационные и стоимостные показатели установок. В работах /6, 7/ выполнен анализ современных конструкций плоских и вакуумных СК ведущих мировых производителей. На рисунке 2.5 представлены результаты сопоставления производительности плоских и вакуумных СК на 45° северной широты для Баварии (Германия) и региона, близкого по интенсивности солнечной радиации к Краснодарскому краю. Как видно из рисунка в зимних условиях производительность плоских СК выше чем вакуумных в пересчете на общую поверхность коллекторов. При этом стоимость вакуумных СК в 2-3 раза выше плоских. На основании вышеизложенного для гелиоустановки в г. Усть-Лабинске (рисунок 2.6) приняты СК фирмы Wolf (Германия) (таблица 1). Медные абсорберы изготовлены с применением лазерной сварки фирмой «KBB Kollektorbau» (Германия). Корпус алюминиевый штампованный (корыто) имеет достаточную жесткость. Взамен фирменного (Wolf) крепления СК к алюминиевым опорным конструкциям разработан узел для монтажа коллекторов к опорам из углеродистой (сталь 3) угловой стали. Ориентация СК южная, угол наклона к горизонту 45°.

Рисунок 2.6 – Гелиоустановка больничного комплекса в г. Усть-Лабинске

Таблица 1

Технические характеристики солнечного коллектора CFK-1

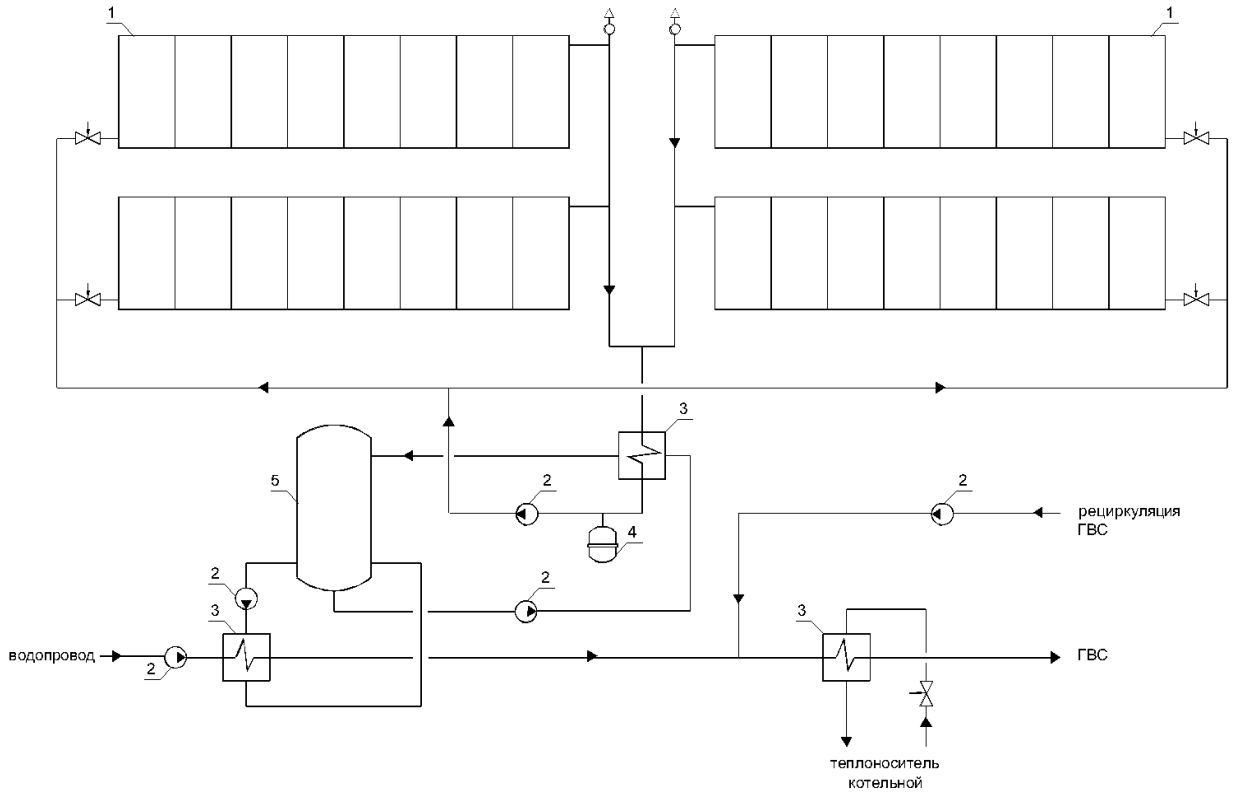
Длина	- 2090 мм
Ширина	- 1090 мм
Толщина	- 110 мм
Оптический КПД	- 76,7 %
Коэффициент теплопотерь, a_1	- 3,669 Вт/(м^{2}·К)
Коэффициент теплопотерь, a_2	- 0,018 Вт/(м^{2}·К)
Максимальная температура (стагнации)	- 196 ^{o}C
Максимальное избыточное давление	- 10 бар
Общая площадь	- 2,3 м^2
Площадь абсорбера	- 2,1 м^2
Объём теплоносителя	-1,1 л
Вес (в незаполненном состоянии)	- 36 кг

Разработка схемных и компоновочных решений велась с использованием отечественного /1/ и германского опыта /8/. На рисунке 2.7 приведена принципиальная тепловая схема ГУ в г. Усть-Лабинске площадью 600 м^2 (300 коллекторов). Данное решение с тремя контурами циркуляции позволяет обеспечить надежную работу гелиоустановки, в том числе при значительном уменьшении водоразбора на горячее водоснабжение при высоких значениях суммарной солнечной радиации. В зарубежной практике при проектировании гелиоустановок применяются программы Plysun, T*Sol, TRNSYS, Transol /9/. При их использовании следует учитывать, что они не русифицированы, составлены на базе оборудования определенных зарубежных фирм и западноевропейских нормативных документов.

При проектировании данной гелиоустановки применены пластинчатые теплообменники фирмы «Alfa Laval» (Швеция), насосы фирмы «Wilo» (Германия), которые вдвое дешевле специализированных насосных станций /10/. Низкая надёжность российской автоматики и отсутствие ряда датчиков, например

солнечной радиации обусловило, после анализа специализированной автоматики гелиоустановок, применить контроллер с программным обеспечением и датчики ведущего мирового производителя – фирмы «RESOL» (Германия) /11/. При обвязке оборудования гелиоустановки использовано вспомогательное оборудование и арматура (мембранные баки, регулирующие, предохранительные клапаны, воздухоотводчики и т.п.), в качестве которых применено как отечественное так и зарубежное оборудование /12/.

На рисунке 2.8 приведена схема компоновки оборудования гелиоустановки. Протяжённость теплосетей от гелиополя до насосного модуля составила 170 м. На рисунке 2.9 представлен модуль вспомогательного оборудования, смонтированного в блочном варианте (3х6 м). На рисунке 2.10 приведена обвязка теплообменников и насосов гелиоустановки.



1 – солнечные коллекторы;
2 – насосы;
3 – теплообменники;
4 – мембранный бак;
5 – буферный бак

Рисунок 2.7 - Принципиальная схема гелиоустановки в г. Усть-Лабинске

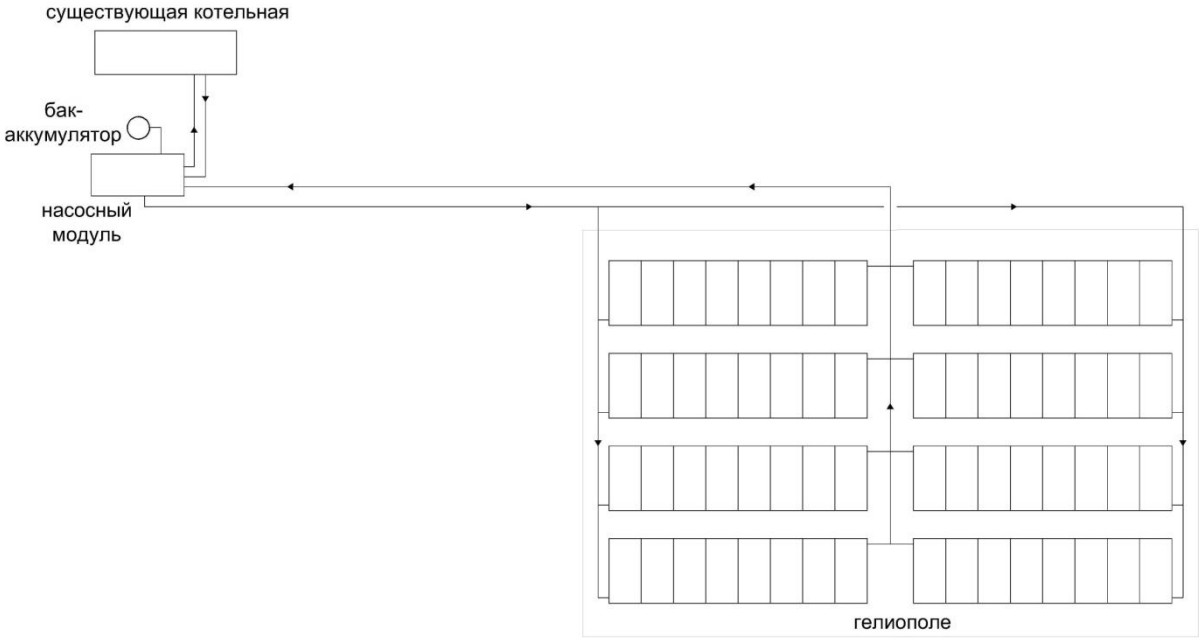


Рисунок 2.8 – Схема компоновки оборудования гелиоустановки

Рисунок 2.9 – Модуль вспомогательного оборудования гелиоустановки и бак-аккумулятор

Рисунок 2.10 – Оборудование внутри модуля

Гелиоустановка предназначена для круглогодичной работы в автоматическом режиме. Принципиальная схема автоматизации работы гелиоустановки представлена на рисунке 2.11. Регистрация параметров производится тепловычислителем ВКТ-7-03 (поз. 4). В качестве датчиков применены электромагнитные типа ПРЭМ и турбинные типа ВСТ (в гелиоконтуре) расходомеры, платиновые термодатчики Pt-100. Догрев (при необходимости) горячей воды на выходе из гелиоустановки осуществляется в теплообменнике (поз. 6), расход теплоносителя, который регулируется контроллером-регулятором АРТ 01.01 – К2 (поз. 8). Управление и контроль работы всей гелиоустановки производится контроллером Resol DeltaSolM – К3 (поз. 11) с датчиком солнечной радиации (поз. 14), со стандартными датчиками расхода, температуры, давления, аппаратурой пуска и останова насоса. Основные функции котроллера К3: управление запуском и остановом гелиоустановки,

предотвращение аварийных ситуаций (перегрев, прекращение электропитания, выход оборудования из строя и т.п.), регистрация параметров гелиоустановки. Пуск в работу гелиоустановки осуществляется при достаточном уровне солнечной радиации (датчик поз.14), при определённой температуре в верхней части гелиополя, разнице между этой температурой и значением в верхней части бака. После пуска насоса гелиоконтура (поз. 13) в работу контроллер К3 отслеживает достижение определённого значения температуры теплоносителя на выходе из теплообменника (поз.2), после чего запускает в работу насос (поз. 12) загрузки бака-аккумулятора (поз. 3) и т.д. до обеспечения заданной температуры горячей воды на выходе из теплообменника (поз. 6)

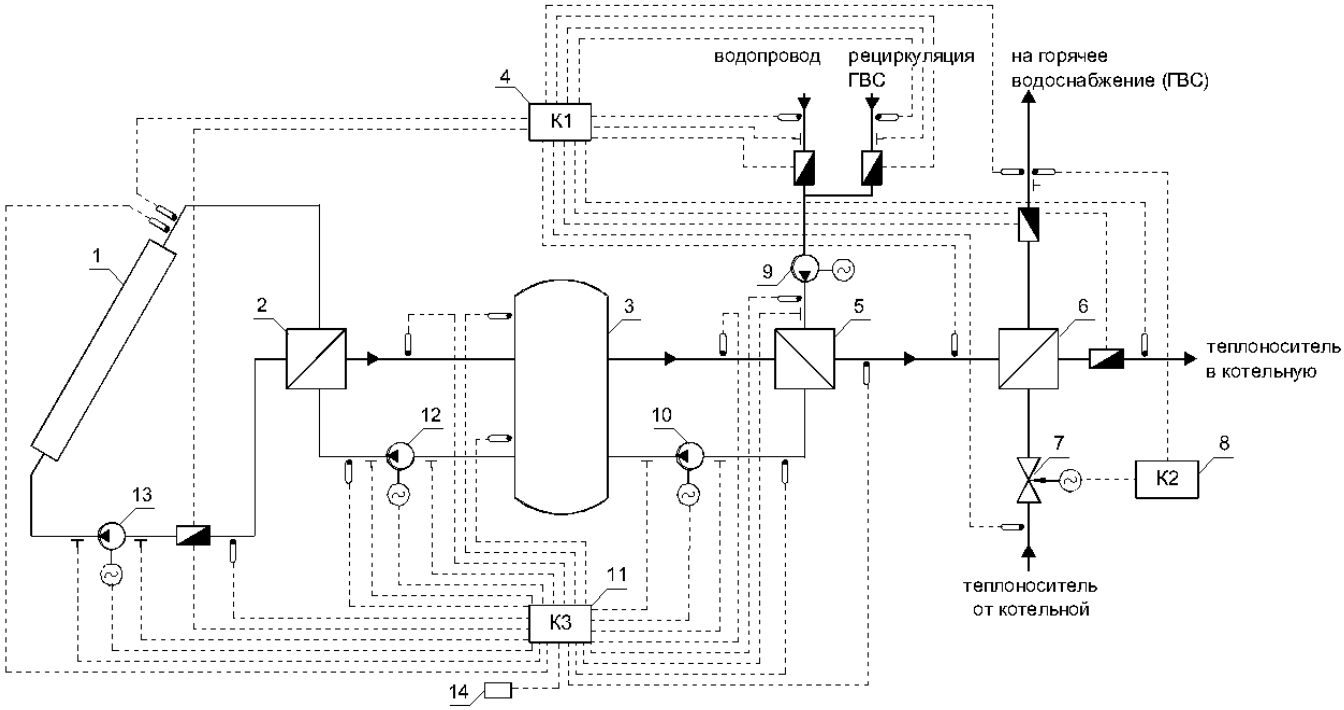


Рисунок 2.11 – Схема автоматизации

Рисунок 2.12 – Щит автоматики

Для круглогодичной работы теплоноситель гелиоустановки должен обеспечивать надежную эксплуатацию от минус 28 ^{o}C до +200 ^{o}C (температура стагнации СК). Анализ продукции основных ведущих мировых производителей /13/, а также российских фирм позволил выбрать теплоноситель «ANRO» (поставщик фирма «Wolf», изготовитель – фирма «Tifocor», Германия). При вместимости гелиоконтура 3000 л выбраны мембранные расширительные баки российского производителя и разработана схема заполнения гелиоустановки.

Гелиоустановка эксплуатируется с мая 2011 года. Подтверждены основные проектные характеристики и параметры работы оборудования, ведётся обработка полученных результатов.

Литература:

1. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем // Энергоатомиздат. М. 2009

2. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г. и др. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России // Объединённый институт высоких температур РАН, М. 2010

3. Бутузов В.А. Расчет интенсивности солнечной радиации для проектирования систем солнечного горячего водоснабжения // Промышленная энергетика. № 9. 2003

4. Бутузов В.В. Расчетные значения интенсивности солнечной радиации при проектировании гелиоустановок // Альтернативная энергетика и экология. № 11. 2009.

5. Бутузов В.В. Оптимизация параметров гелиосистемы горячего водоснабжения больницы // Труды 7-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Москва. 2010 г.

6. Бутузов В.А., Брянцева Е.В., Бутузов В.В., Гнатюк И.С. Солнечные коллекторы. Тенденции совершенствования конструкций // Альтернативная энергетика и экология. № 10. 2009

7. Бутузов В.А. Вакуумные трубчатые коллекторы. Мировые производители и перспективы производства в России // Альтернативная энергетика и экология. № 5. 2010.

8. Remmers K.-H. Groβe Solaranlagen // Solarpraxis AG. Berlin. 2001

9. Weinreich B., Zehner M.. Dimensioning aids in practice – a comparison // Sun, Wind Energy. 2009. № 12. p. 88-96

10. Бутузов В.А. Комплектные насосные станции // Промышленная энергетика. № 5. 2011

11. Бутузов В.А., Брянцева Е.В., Бутузов В.В., Гнатюк И.С. Автоматизация солнечных тепловых установок // Альтернативная энергетика и экология. № 12. 2009

12. Ertmer K. Expansion tanks and valves specialists abound // Sun, Wind Energy. 2010. № 9. p.98-102

13. Meyer J.P. Im Kreis muss es Flieβen // Sonne, Wind, Wärme. 2010. № 4

Глава 3

Создание демонстрационного центра геотермально-солнечного теплоснабжения.

На основании результатов исследований и проектной документации, представленных в статьях /1, 2/ в 2010 г. построена I очередь геотермальной системы теплоснабжения в посёлке Розовом Лабинского района Краснодарского края.

На рисунке 3.1 приведена принципиальная тепловая схема данной системы. Для стабилизации гидравлического режима геотермальной скважины № 4Т построен насосный модуль. Магистральный геотермальный теплопровод Ду 150 мм проложен подземно в ППУ-теплоизоляции от насосного модуля до геотермального центрального теплового пункта (ЦТП). При этом ЦТП обеспечивает половину расчётной тепловой нагрузки посёлка по вновь построенным подземным теплосетям с ППУ теплоизоляцией с подключением 12-ти двухэтажных жилых домов. После срабатывания теплового потенциала теплоносителя в ЦТП со 100 ^{o}C до 70 ^{o}C он по вновь построенному теплопроводу Ду 150 мм направляется, с использованием существующего трубопровода Ду 150 мм, в существующий ЦТП для теплоснабжения одноэтажных домов. На первом этапе строительства геотермальная скважина № 3Т продолжает работать на существующее ЦТП и теплицы.

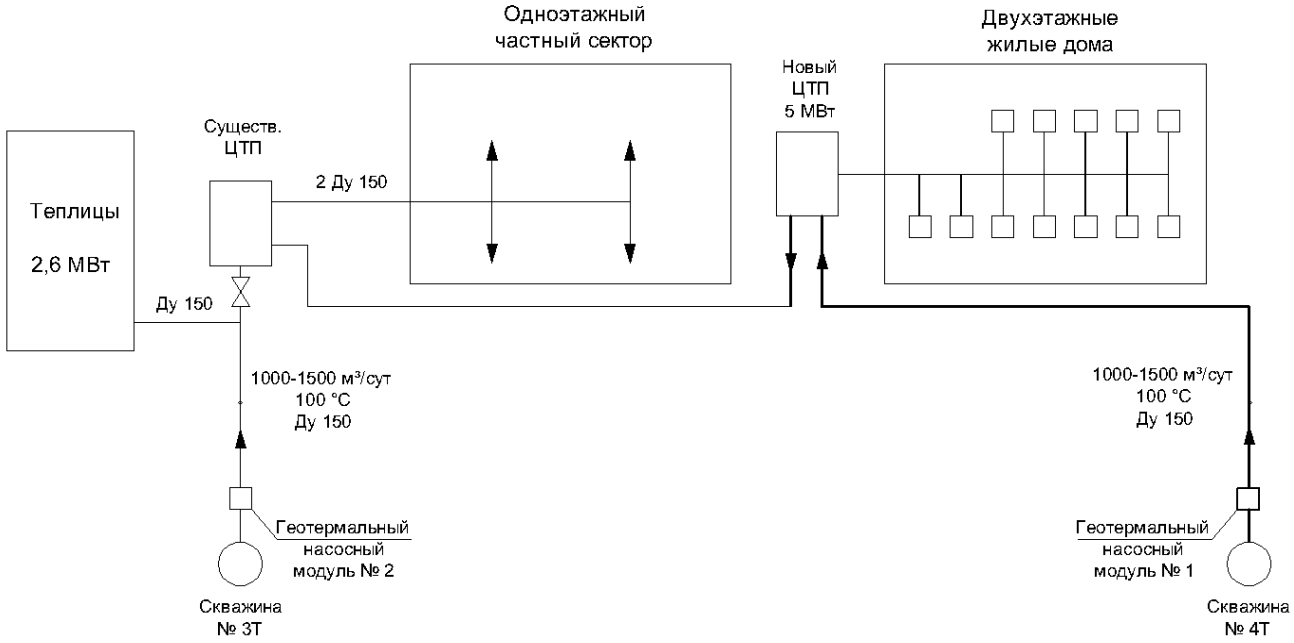


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема теплоснабжения I очереди строительства в п. Розовом

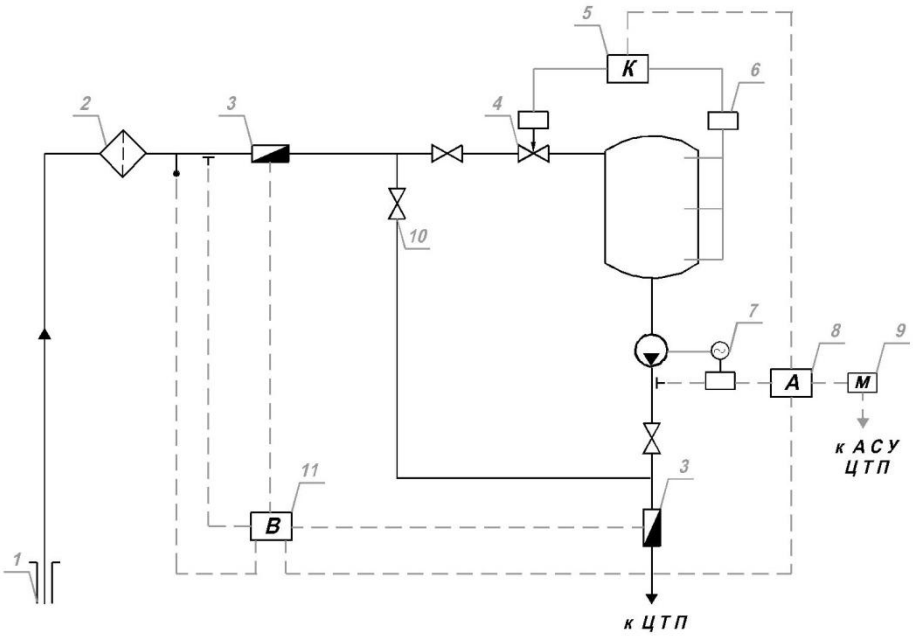


Рисунок 3.2 – Принципиальная тепловая схема трубопроводов насосного модуля

Насосный модуль построен в 30 м от геотермальной скважины № 4Т. На рисунке 3.2 представлена его принципиальная тепловая схема. Геотермальная вода от скважины «1» с расчётным расходом 39,4 м^3/ч через регулятор уровня «4» поступает в бак разрыва струи вместимостью 6 м^3, оборудованному датчиками уровня «6». Работой клапана «4» управляет контроллер «5». При достаточном

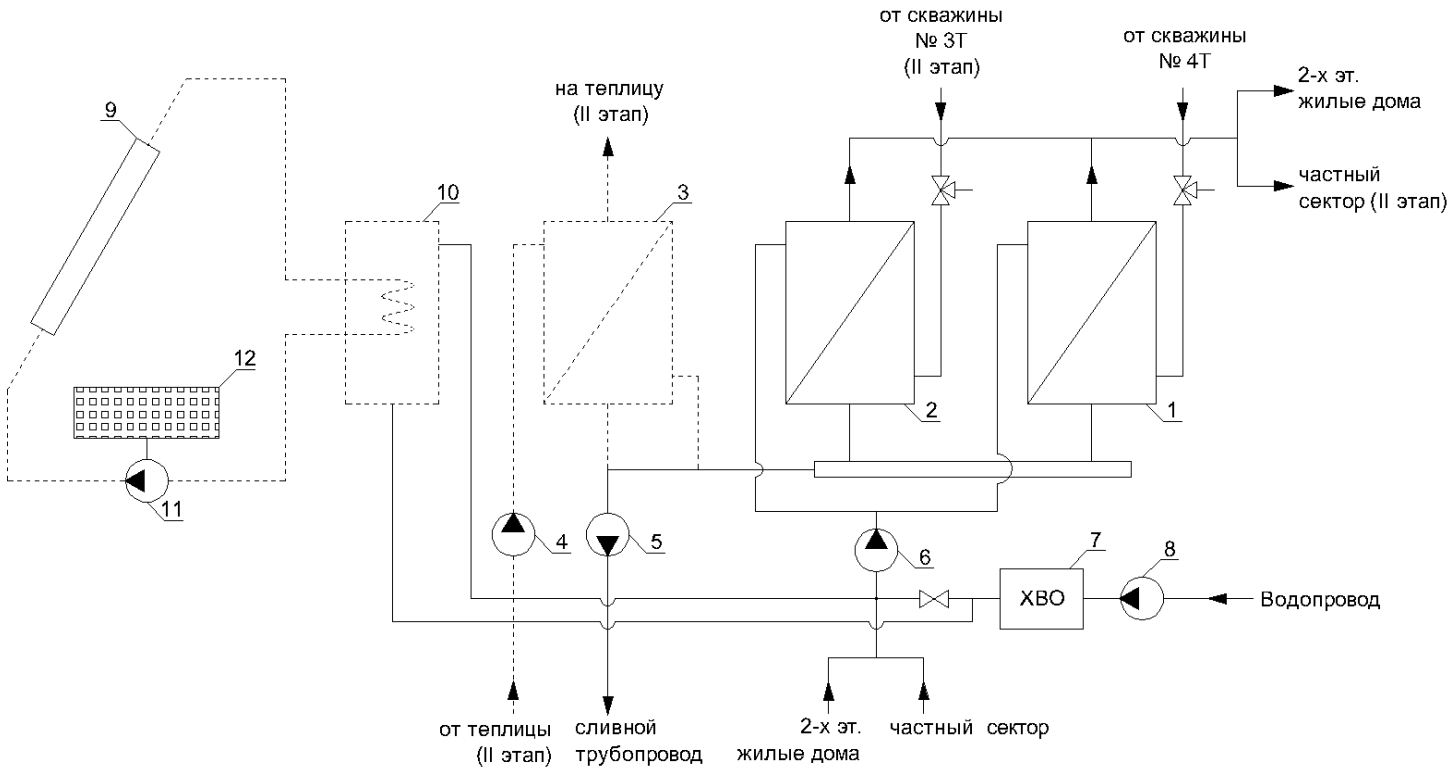
давлении геотермального теплоносителя (осень, весна) – 2 кгс/см^2 предусмотрена возможность работы с открытой байпасной линией с задвижкой «10». Учёт геотермального теплоносителя осуществляется комплектом приборов: расходомеры «3», датчик температуры, датчик давления, тепловычислитель. Подача геотермальной воды в ЦТП производится автоматизированной насосной станцией «7» с частотным регулированием по датчику давления. Информация контроллера заполнения бака «5» насосной станции «7» и тепловычислителя «11» после обработки посредством модема «9» по GPS каналу подаётся на сервер АСУ ЦТП.

Новые тепловые сети от скважины до ЦТП и от ЦТП к каждому из 12-ти двухэтажных домов построены подземно параллельно существующим теплосетям ППУ-теплоизоляции с контрольным проводником и аппаратурой диагностики обнаружения повреждении (установлена в ЦТП).

Геотермальный ЦПТ построен в центре посёлка и сблокирован с демонстрационным обучающим центром (рисунок 3.3). На кровле ЦПТ смонтировано 72 солнечных коллектора (СК). В технологическом помещении ЦТП смонтировано оборудование I очереди строительства (рисунок 3.4). На рисунке 3.5 приведена принципиальная тепловая схема ЦТП. Смонтированы две группы пластинчатых теплообменников для независимого подключения двух систем теплоснабжения: двухэтажной застройки и одноэтажной (II очередь). Сетевые насосы с частотным регулированием, химводоподготовка, подпиточные и сливные насосы установлены с учётом обеспечения теплоснабжения всего посёлка. Ведётся строительство гелиоустановки расчётной дневной производительностью 12 м^3 для горячего водоснабжения объектов в межотопительный период. Зарезервировано место для размещения пластинчатых теплообменников и насосов теплиц (II очередь).

Рисунок 3.3 – Геотермальный центральный тепловой пункт

Рисунок 3.4 – Оборудование ГЦТП



1 – пластинчатый теплообменник скв. 4Т;

2 – пластинчатый теплообменник скв. 3Т;

3 – проектный пластинчатый теплообменник теплиц;

4 – проектные сетевые насосы теплиц;

5 – сливные насосы;

6 – сетевые насосы посёлка;

7 – химводоподготовка;

8 – подпиточные насосы;

9 – солнечные коллекторы;

11 – насосы гелиоустановки;

12 – фотоэлектрический привод

Рисунок 3.5 – Принципиальная тепловая схема I этапа реализации

На вводах к каждому из подключённых к ЦТП объектов смонтированы узлы учёта и регулирования. Схема подключения объектов – открытая с разбором воды на горячее водоснабжение (ГВС) через регулятор «1» (рисунок 3.6). В качестве расходомеров применены электромагнитные (5 объектов) и вихревые на отопление и крыльчатые на ГВС (7 объектов). Тепловычислители типа ВКТ-7-03 с автономным электропитанием.

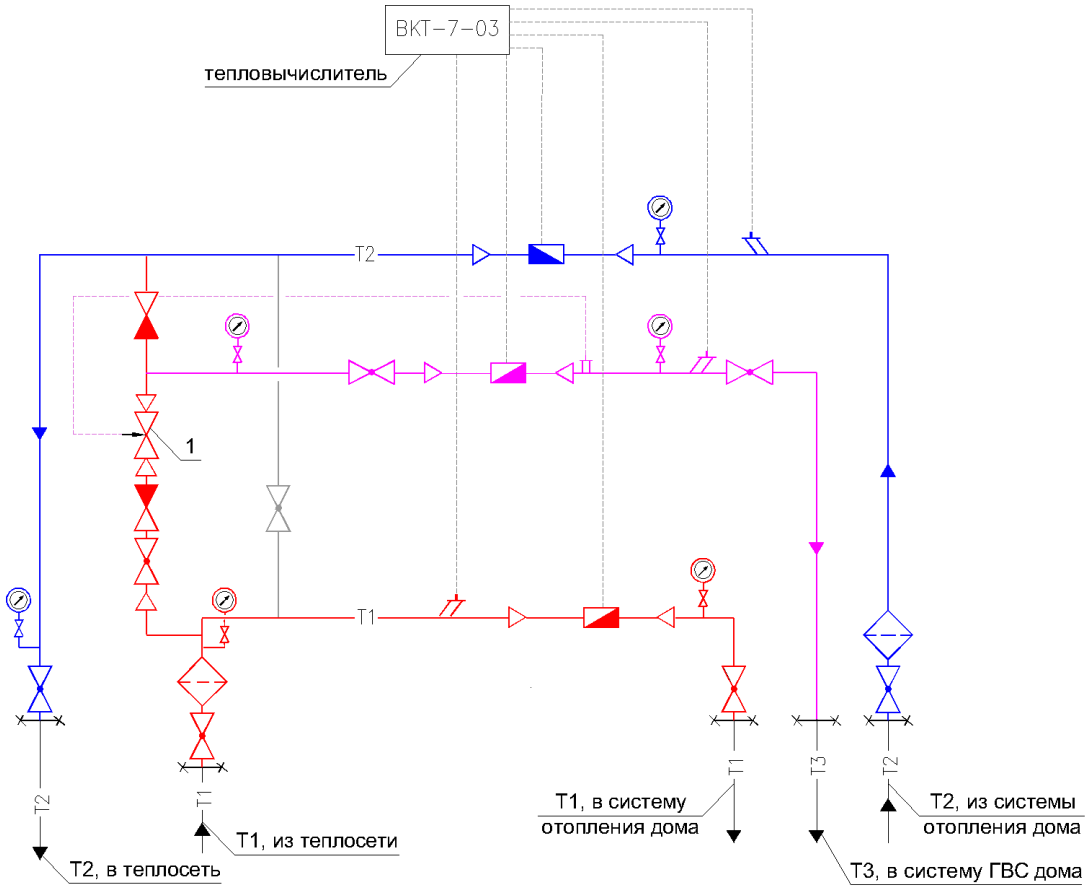


Рисунок 3.6 – Принципиальная схема узла учета и регулирования объекта

Результаты работы I очереди строительства данной геотермальной системы теплоснабжения будут учтены при реализации II очереди её сооружения.

Литература

1. Бутузов В.А., Шетов В.Х., Томаров Г.В. Геотермальная систем теплоснабжения с использованием солнечной энергии и тепловых насосов // Промышленная энергетика, № 9, 2008
2. Бутузов В.А., Томаров Г.В., Шетов В.Х. Геотермальная тепловая станция с гелиоэнергетической установкой // Альтернативная энергетика и экология, № 10, 2008
3. Бутузов В.А., Томаров Г.В., Брянцева Е.В., Бутузов В.А. Исследования и проектирование геотермальной системы теплоснабжения // Теплоэнергетика, № 4, 2010

Глава 4

Конференции и иные мероприятия по вопросам энергии из ВИЭ в Большом Сочи и Краснодарском крае.

1. Семинар 18.11.2011 г. в Сочи «Учёт экологических факторов при подготовке и проведении Олимпиады Сочи 2014: Стратегия и план действий для формирования «зелёного наследия»:

- доклад Бутузова В.А. «Использование возобновляемых источников энергии в Сочинском районе и Краснодарском крае: потенциал и практический опыт».

2. Конференция 11-12 февраля 2012 г. в Геленджике «Возобновляемые источники энергии»:

- доклад Бутузова В.А. «Перспективы солнечного и геотермального теплоснабжения в Краснодарском крае».

3. III Международная конференция 11 марта 2012 г. в Москве «Использование возобновляемых источников энергии». Организатор и модератор Бутузов В.А.:

- доклад Бутузова В.А. «Развитие солнечного теплоснабжения в Краснодарском крае»;
- доклад Бутузова В.А. «Состояние и перспективы геотермального теплоснабжения».

4. Форум «Энергоэффективность и инновации» 19-20 апреля 2012 г.:

- доклад Бутузова В.А. «Опыт практического использования ВИЭ в Краснодарском крае».

5. Заседание координационного совета «Учёт экологических факторов при подготовке и проведении Олимпиады Сочи – 2014: Стратегия и план действий для формирования «Зелёного наследия»Опыт Великобритании по учёту экологических факторов при подготовке и проведении Олимпиада Сочи - 2014», 30 ноября 2012 г. в Москве

- доклад и презентация Бутузова В.А. «Итоги и перспективы изменения ВИЭ в Сочи и в Краснодарском крае».