

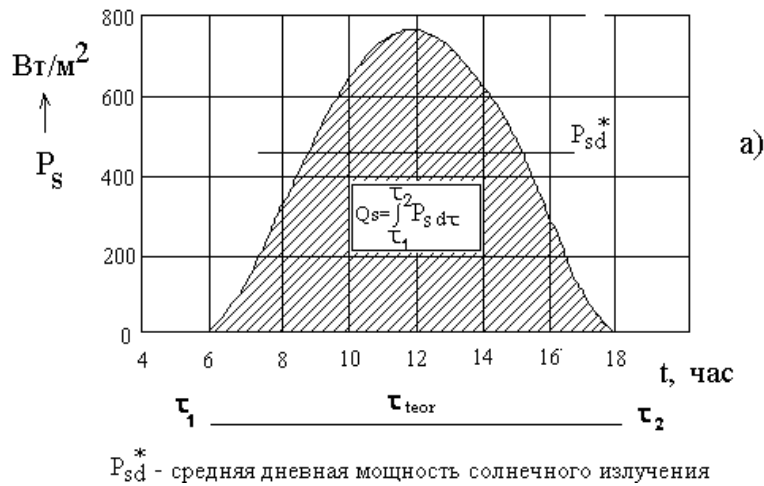
Основы конструирования гелиосистем

1. Принципы расчета коллекторного поля

1.1 Количество полученной тепловой энергии

Количество тепловой энергии полученной в тепловом коллекторе определяется мощностью солнечного излучения попадающего на его единичную поверхность и к.п.д. коллектора. Климатические данные местности предоставляют собой глобальную мощность солнечного излучения на 1 м^2 горизонтальной поверхности. Интенсивность солнечного излучения подвергается суточным (см. рисунок 1а) и годовым изменениям (см. рисунок 1б). Для летнего периода времени мощность солнечного излучения в центральной Европе может достигать 800 Вт/м^2 , для зимнего периода времени - 450 Вт/м^2 . Глобальное излучение представляет собой сумму прямого излучения и диффузионного излучения (см. рисунок 1а).

Изменение мощности солнечного излучения в течение суток



Средняя дневная энергия солнечного излучения

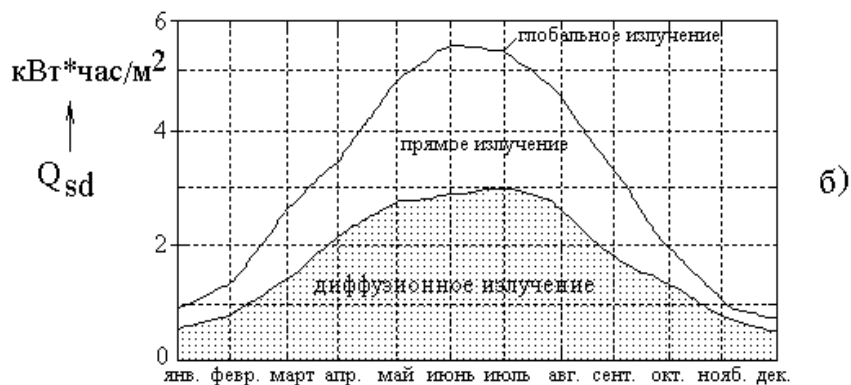


Рисунок 1

Солнечная мощность попадающая на поверхность коллектора зависит от его ориентации, угла наклона, географических координат, высоты над уровнем моря, микроклиматических условий конкретной местности (отражения, затенения и т.п.). Энергия солнечного излучения попадающая на плоскость коллектора установленного под углом к горизонту определяется формулой:

$$Q_s = Q_{\text{нп}} \{ \sin (\varphi - \alpha) \sin \delta + \cos (\varphi - \alpha) \cos \delta \cos [15(t-12)] \} + Q_{\text{нд}} (1 - \alpha/180) \quad (1)$$

где $Q_{\text{нп}}$ - энергия прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность,
 $Q_{\text{нд}}$ - мощность диффузной солнечной радиации на горизонтальную поверхность,
 φ - географическая широта,
 α - угол наклона коллектора
 t - время,
 δ - склонение солнца.

Склонение солнца определяется по формуле:

$$\delta = 23.45^\circ \sin \{ 360 * (284 - j) / 365 \} \quad (2)$$

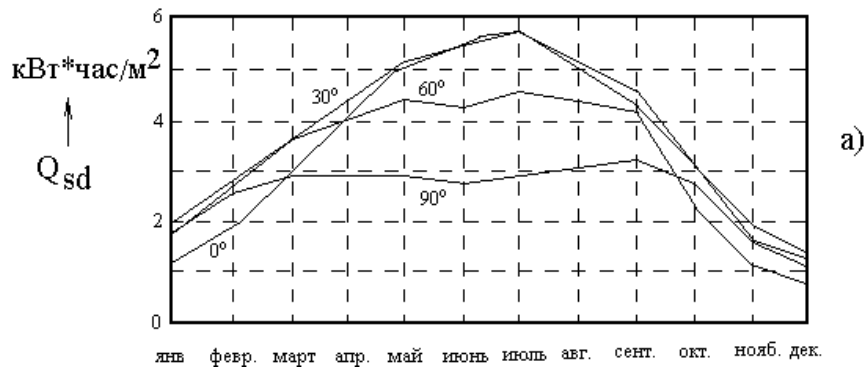
где j - номер суток отсчитываемый с начала года

Исходя из формулы (1) дневные и месячные суммы энергии глобального солнечного излучения попадающие на 1 м^2 поверхности коллектора существенным образом зависят от угла наклона коллектора (рисунок 2а,б). Выбрав оптимальный угол наклона можно добиться наибольшей мощности солнечного излучения на поверхности коллектора (рисунок 2б). Как показали исследования оптимальный угол изменяется в течении года. В зимние месяцы он увеличивается, а в летние месяцы уменьшается. Очевидно, что для увеличения мощности солнечного излучения на поверхность коллектора необходимо изменять его ориентацию. Однако создание следящих систем оказалось экономически не целесообразным. Для круглогодичной эксплуатации в наших условиях оптимальный угол наклона 45°С .

Основным вопросом при проектировании солнечной установки является определение тепловой энергии полученной солнечным коллектором в определенный отрезок времени (день, месяц) для данной местности. Знание этих данных позволяет правильно подобрать не только количество коллекторов, а также теплообменник и накопитель, так как они рассчитываются в зависимости от количества горячей воды.

Под рабочим названием “Metod BWE 91- Bruttowarmeetrag” в Швейцарии был разработан метод, который позволяет определить с приемлемой точностью величину тепловой энергии полученной солнечным коллектором за длительный период времени. Полученные данные относятся только к выбранному значению средней температуры теплоносителя в абсорбере солнечного коллектора (T_r). При этом тепловые потери в трубопроводах и теплообменнике не учитываются.

Зависимость средней дневной энергии солнечного излучения, поступающей на поверхность коллектора, от угла наклона коллектора, ориентированного на юг, в условиях Центральной Европы



Зависимость месячных сумм энергии солнечного излучения, поступающего на поверхность коллектора, от угла наклона коллектора, ориентированного на юг, в условиях Центральной Европы

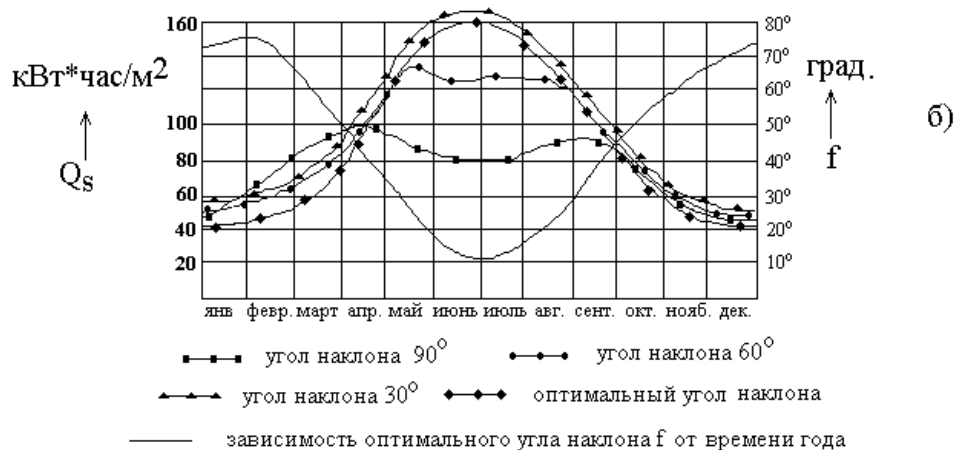


Рисунок 2

Расчет основывается на применении формулы, выражающей зависимость мгновенного КПД коллектора от рабочих условий в условиях перпендикулярного падения солнечного излучения:

$$\eta = C_0 - C_1 X - C_2 \cdot Q_s \cdot X^2 \quad (3)$$

где: C_0 - коэффициент наибольшего КПД коллектора, т.е. когда средняя температура коллектора равна температуре воздуха, окружающего коллектора T_0 , C_1 - коэффициент тепловых потерь коллектора [$\text{м}^{-2} \cdot \text{°K}^{-1} \cdot \text{Вт}$], C_2 - коэффициент искривления зависимости $\eta(X)$ который также связан с тепловыми потерями [$\text{м}^{-2} \cdot \text{°K}^{-2} \cdot \text{Вт}$]

Величина X определяется внешними климатическими факторами в соответствии с соотношением:

$$X = [T_r - T_o] / Q_s, \quad [m^2 \cdot ^\circ K \cdot Вт^{-1}] \quad (4)$$

где T_r - температура теплоносителя после нагрева $^\circ K$, T_o - температура окружающей среды $^\circ K$, Q_s - общая мощность солнечной радиации падающей на застекленную поверхность коллектора, $Вт/м^2$

На основе климатических данных о мощности солнечного излучения на горизонтальной поверхности по формуле (1) рассчитывается средняя мощность солнечной радиации, попадающая на застекленную поверхность для каждого месяца отдельно

Корректировка к.п.д., в случае падения солнечных лучей под углом отличным от перпендикулярного осуществляется с помощью функции углового фактора $K_{сн}$ (см. рис. 3а):

$$K_{сн} = \eta_\phi / \eta_{сн} \quad (5)$$

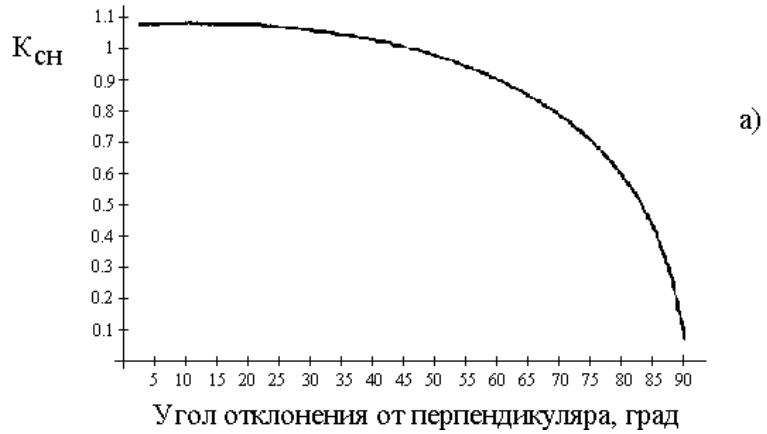
где η_ϕ - к.п.д. при падении лучей под углом ϕ по отношению к перпендикулярному, $\eta_{сн}$ - к.п.д. при перпендикулярном падении лучей, который вычисляется по формуле (3).

Зависимость к.п.д. коллектора от угла отклонения падающего солнечного излучения от перпендикулярного приводит к зависимости к.п.д. от угла наклона коллектора. При этом эти зависимости существенно отличаются для летнего и зимнего периода времени (рисунок 3б). Летом максимальный КПД наблюдается при угле 30° , зимой 60° . Поэтому оптимальный средний угол наклона 45° . КПД коллектора также зависит от ориентации абсорбера по азимуту от южного направления (рисунок 3в). Отклонение на 30° от южного направления понижает КПД на 5%. Если на практике нельзя достичь южной ориентации коллекторов, то наиболее выгодной является юго-западная нежели юго-восточная, так как после обеда температура воздуха выше.

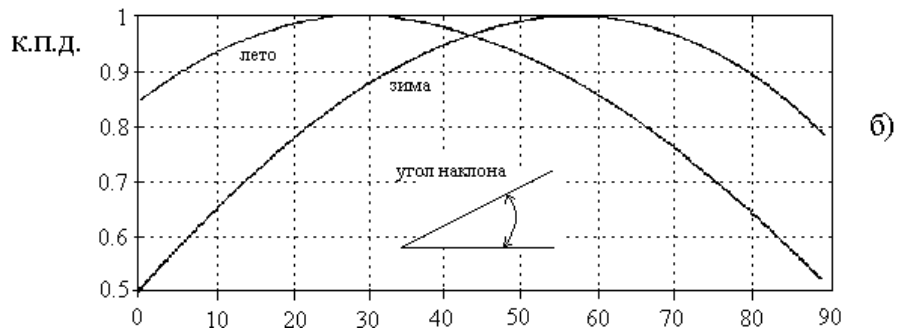
Таким образом, расчет коллекторного поля осуществляется следующим образом:

- 1) Делают пересчет часовых сумм глобального излучения из горизонтальной поверхности (Q_n) на любую ориентацию коллектора (Q_s);
- 2) Производят расчет суточной зависимости оптического к.п.д. коллектора (C_o) от углового фактора $K_{сн}$;
- 3) Определяют к.п.д. коллектора на основе коэффициентов C_1, C_2 , временного распределения температуры окружающей среды (T_o), значения требуемой средней температуры коллектора (T_r) и мощности падающего на его поверхность излучения Q_s , затем определяют тепловую мощность преобразованной тепловой энергии
- 4) Определяют величину преобразованной тепловой энергии путем суммирования полученных часовых мощностей $BWE(T_r)$ за более длительный период времени.

Зависимость углового фактора $K_{сн}$ от угла падения солнечных лучей на поверхность коллектора



Изменение КПД коллектора в зависимости от угла наклона абсорбера в летний и зимний периоды



Изменение КПД коллектора в зависимости от его ориентации по азимуту для летней, зимней и круглогодичной (сплошная линия) эксплуатации

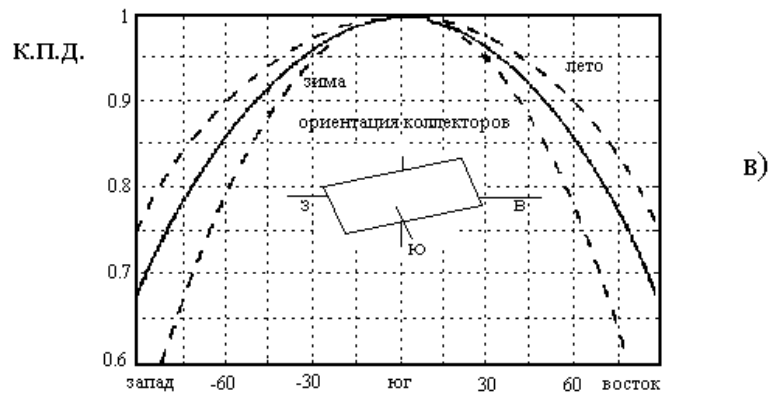


Рисунок 3

В таблице 1 приводятся данные расчета преобразованной тепловой энергии для климатической зоны Цюрих, Швейцария при использовании коллекторов фирмы TERMOSOLAR. При этом полученные данные можно использовать для оценки возможных величин тепловой энергии для города Одесса. Действительно величины средних температур, которые определяют к.п.д. коллектора совпадают по всем месяцам, кроме января и декабря. В эти месяцы в Одессе холоднее. Величины интенсивности солнечного излучения для Одессы выше всего на несколько процентов. Поэтому данные для Цюриха можно применить для оценки потенциальных возможностей гелиоэнергетики в Одессе. При этом оценка возможностей гелиоэнергетики для Одессы будет несколько заниженной.

Таблица 1. Величины тепловой энергии (BWE, кВт*ч*м⁻²) коллекторов ГЕЛИОСТАР 200 фирмы TERMOSOLAR при различных температурах теплоносителя для Цюриха, Швейцария

Co = 0.7769		C₁ = 4.110 (м⁻²·°К⁻¹·Вт)					C₂ = 0.0079 (м⁻²·°К⁻²·Вт)					K_{сн} = 0.92		
Месяц	январь	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сен.	окт.	нояб.	дек.	год	%
T _о , °С	+2 (-2.5)	+4 (-2.0)	+7 (+2.0)	+11 (+8)	+15 (+15)	+17 (+19)	+21 (+22)	+20 (+20)	+17 (+17)	+12 (+11)	+6 (+5)	+3 (+0.2)		
Q _н , кВт*ч	25.8 (30.7)	45.8 (44)	81.3 (80.3)	113.9 (119.1)	155.9 (167.7)	170.3 (181.5)	181.1 (185.1)	137.6 (163.1)	102.0 (120)	60.0 (74.1)	28.8 (33)	19.0 (26.4)	1123.7 1225	
K	1.5	1.45	1.25	1.1	0.98	0.94	0.96	1.05	1.23	1.40	1.55	1.49		
Q _s (45°), кВт*ч	38.6	66.7	102.1	124.2	153.1	159.1	176.0	144.5	123.8	84.2	44.5	28.3	1247.2	
BWE, T _r =30°C	10.3	26.6	48.2	66.3	88.2	96.2	110.7	89.0	76.0	44.3	17.7	5.9	679.3	54.5
BWE T _r =40°C	7.9	21.6	40.3	56.6	76.3	83.5	96.8	77.1	65.8	37.3	14.2	4.3	581.8	46.6
BWE T _r =50°C	6.0 [4.3]	17.5 [12.5]	33.6 [24]	48.1 [34.3]	65.7 [47]	72.1 [51.5]	84.1 [60]	66.5 [47.5]	56.7 [40.5]	31.4 [22.4]	11.3 [8.1]	3.1 [2.2]	495.9	39.8 к-во воды, л
BWE T _r =100°C	0.7	3.8	10.1	17.6	25.5	28.4	34.5	26.3	21.9	9.9	2.1	0.2	181.1	14.5

* Для сравнения сопоставьте климатические данные Цюриха с климатическими данными для Одессы, которые приведены в скобках

* Q_н – месячная энергия глобального солнечного излучения на площади горизонтальной поверхности 1 м².

* Q_s (45°) – месячная энергия солнечного излучения на площади поверхности солнечного коллектора 1 м².

* K- эмпирический коэффициент отношения Q_н / Q_s (45°), который может быть использован и для ориентировочного расчета Q_s (45°) для Одессы на основании данных

* Q_н. В квадратных скобках приведено среднее количество за день воды нагретой до температуры +50°C, при условии что температура холодной воды +10°C.

Анализ показывает, что в летние месяцы май – август с каждого квадратного метра коллектора за день получают около 50 литров горячей воды, что по западноевропейским нормам достаточно для горячего водоснабжения одного человека. В ноябре, декабре, январе и феврале использовать коллектора не целесообразно. В остальной период времени года (с марта по октябрь включительно) за счет использования 1 м² теплового коллектора можно получить 78.9% энергии необходимой для горячего водоснабжения одного человека. Расчет процентов сделан таким образом, что если с 1м² получают 50 литров горячей воды, то считается, что количество энергии необходимой для нагрева воды, которая получена за счет использования теплового коллектора составляет 100%. При проверке расчетной модели разработчики обнаружили, что предельные отклонения расчетных и экспериментальных значений BWE(T_г) у плоских коллекторов - 11.8% и у вакуумированных трубчатых коллекторов - 16.4%. Основной причиной считается недостаточная точность измерения величин прямого солнечного излучения (ошибка составляет 7.9%) и диффузионного излучения (ошибка составляет 11.9%).

1.2 Приблизительный расчет коллекторного поля

В некоторых случаях при составлении бизнес-плана для оценки коллекторного поля можно выполнить его приблизительный расчет. Точный расчет коллекторного поля осуществляется при проектировании гелиоустановки.

1) Дневной расход горячей воды (m, литров) определяется выражением :

$$m=n*50, \quad (6)$$

где n - количество персон

2) Расход тепла определяется выражением :

$$P_{и} = m * C * \Delta T, \quad (7)$$

где $C=1.16*10^{-3}$ кВт*час*кг⁻¹*К⁻¹ –удельная теплоемкость воды

ΔT - заданное повышение температуры

3)Из энергетического баланса вытекает

$$P_{и} = Q_{сд} * \eta * A, \quad (8)$$

где $Q_{сд}$ –дневная энергия солнечного излучения на поверхность коллектора 1м²,

η - эффективность коллектора, A- площадь коллекторного поля

Тогда

$$A = (n*50*C*\Delta T) / Q_{сд}*\eta \quad (9)$$

Пример:

Для семьи из 4 человек если температура входной воды 10°С, а заданная температура горячей воды 45°С $P_{и} = 4*50 \text{ кг} * 1.16*10^{-3} \text{ кВт*час*кг}^{-1}*\text{К}^{-1} (45-10)\text{К} = 8.12 \text{ кВт*час}$

Если $\eta=0.5$ и для летнего периода времени $Q_{сд}=3.5\text{кВт*час}$,
то $A = (8.12 \text{ кВт*час}) / 3.5\text{кВт*час}*0.5 = 4.62\text{м}^2$

Если $\eta=0.5$ и для осенне-весеннего периода времени $Q_{сд}=2.5\text{кВт*час}$,
то $A = (8.12 \text{ кВт*час}) / 2.5\text{кВт*час}*0.5 = 6.50\text{м}^2$.

2. Теплообменники, соляные бойлеры, накопители тепла.

Количество полученной тепловой энергии зависит не только от качества и количества коллекторов, но и от оптимального подбора всего оборудования гелиосистемы. Нагретый в коллекторе под действием солнечной радиации антифриз по первичному контуру поступает к теплообменнику, в котором его тепловая энергия передается холодной воде циркулирующей по вторичному контуру. Для солнечных установок применяют теплообменники с увеличенной теплообменной поверхностью, нежели те, которые применяются в системах центрального отопления. **Объем теплообменника рассчитывают на основе предполагаемого расхода горячей воды.** Поэтому его рассчитывают в соответствии с количеством коллекторов. **Ориентировочно можно сказать, что для 12 коллекторов с площадью абсорбера 1 м^2 , которые суммарно могут вырабатывать в день 600 литров нагретой до 50°C воды необходим теплообменник площадью $0,3\text{ м}^2$ на каждый 1 м^2 коллектора.** Важнейшей особенностью теплообменника с точки зрения его службы эксплуатации является качество антикоррозионной обработки внутренней поверхности. К лучшим покрытиям относится тэфлон и керамические слои. Отдельные элементы гелиоустановки необходимо выбирать таким образом, чтобы исключить комбинацию материалов, обуславливающих электрокоррозию. Допускаются следующие комбинации материалов: **трубопроводы** - медь, черная сталь, **теплообменник** – медный, нержавеющая сталь с латунным переходником, стальной с латунным переходником.

Для крупных гелиоустановок или в тех случаях, когда необходимо отделить различные контуры, применяются пластинчатые противоточные теплообменники. К их преимуществам относятся: большая мощность, повышенный к.п.д. и небольшие габариты. Подбор подходящего пластинчатого теплообменника осуществляется на основе специальных таблиц, в которых фирмы производители коллекторов в зависимости от количества коллекторов рекомендуют определенный тип теплообменника. Каждый тип теплообменника характеризуется количеством пластин, площадью теплообмена, перепадом давлений при использовании в первичном контуре, расходом теплоносителя на базе антифриза, объемом. Например теплообменник ST-40 1/1 NNZ имеет 40 пластин, площадь теплообмен – $0,897\text{ м}^2$, перепадом давлений в первичном контуре – 17 кПа расходом теплоносителя - 3000 л/час, объем - 1.2 л. При использовании теплообменника во вторичном контуре этот тип теплообменника характеризуется перепадом давлений - 7 кПа, расходом воды – 2550 л/час, объемом - 1.2 л. Кроме того к техническим данным теплообменника относится мощность при заданной температуре антифриза и воды (для анализируемого типа теплообменника - 24кВт), максимальным количеством коллекторов которые могут быть к нему присоединены (для анализируемого типа теплообменника -30), массой (для анализируемого типа теплообменника - 13 кг), габаритами.

При монтаже гелиоустановки в здании, в котором уже существует бойлер для горячего водоснабжения целесообразно последовательно перед ним подключить теплообменник гелиосистемы. Холодная вода нагревается в теплообменнике гелиосистемы с 10°C до $(25-40)^\circ\text{C}$ даже в период пониженной интенсивности солнечного излучения в зимний период. В этом случае классический бойлер доводит температуру горячей воды до нужного уровня с существенно меньшими энергетическими затратами.

В больших теплообменниках необходимо предотвращать появление бактерий типа легионелла. Эти бактерии цилиндрической формы. Они являются составной частью пресной воды и их существует более 30 видов. Для здоровья человека опасны некоторые из них. Эти бактерии интенсивно размножаются при температурах $(30-45)^\circ\text{C}$. Человек может заразиться при

попадании в организм капель воды содержащей эти бактерии. Суть борьбы с бактериями состоит в том, что для теплообменников более 400 литров обязательно один раз с сутки необходимо подогревать воду до 60°C. При этой температуре бактерии гибнут.

3. Циркуляционный насос и обратный клапан. Трубопроводы и изоляция.

Движение теплоносителя между коллекторами и теплообменником обеспечивает циркуляционный насос. В одном ряду до 10 штук коллекторов соединенных параллельно. При расходе теплоносителя через один коллектор 70 литров в час и его температуре 50°C перепад давлений составляет 3 кПа. Это и есть основное требование к циркуляционному насосу, при условии, что он применим для работы на растворе пропиленгликоля, который обычно является жидким теплоносителем в первичном контуре гелиоустановки. Очень надежными в этом отношении считаются насосы ГРУНДФОС. Их монтаж прост и их мощность регулируется в трех степенях. Для систем до 10 коллекторов рекомендуются насосы UPS 25-50, для систем до 20 коллекторов – UPS 25-60. Поскольку расход большинства насосов превышает нужную величину, в контур насоса подключают подходящий регулирующий элемент (шаровой вентиль или задвижку). Для того чтобы исключить циркуляцию теплоносителя в обратном направлении в контур монтируют обратный клапан горизонтального или вертикального типа. Если отсутствует подключение к электросети можно применять насосы с двигателем на постоянном токе. В этом отношении надежными считаются насосы фирмы LAING (LAING SK 100, SK 130) которые предназначены для работы на постоянном токе при напряжении 12 вольт. Насосы LAING SK 131 IW, SK 132 IW оборудованы импендационным трансформатором для прямого подключения к фотовольтаическим панелям.

Трубопроводы первичного контура должны выдерживать температуры до 180°C и давление в зависимости от типа применяемого предохранительного клапана. Поэтому для первичного контура не следует применять пластмассовые трубы. Применение оцинкованной стали запрещено, потому что применяемый теплоноситель не содержит на этот случай подходящих ингибиторов коррозии. Поэтому для трубопроводов в основном применяют медные и стальные трубы.

Для гелиосистем на основе 3 коллекторов, максимальная длина трубопроводов не должна превышать 27 метров. Рекомендуемый тип медной трубы - 18*1, тип стальной трубы - 3/4 “.

Для гелиосистем на основе 3-5 коллекторов, максимальная длина трубопроводов не должна превышать 20 метров. Рекомендуемый тип медной трубы - 22*1, тип стальной трубы - 3/4 “.

Для гелиосистем на основе 5-7 коллекторов максимальная длина трубопроводов не должна превышать 18 метров, рекомендуемый тип медной трубы - 22*1, тип стальной трубы 3/4 “.

Для гелиосистем на основе 7-10 коллекторов максимальная длина трубопроводов не должна превышать 18 метров, рекомендуемый тип медной трубы - 22*1, тип стальной трубы 3/4 “.

Для больших расстояний или большего количества коллекторов диаметр труб определяют расчетным путем. Необходимо теплоизолировать первичный контур для того, чтобы минимизировать потери тепла. При выборе материала теплоизоляции необходимо учитывать, что в случае сбоя электропитания и связанной с этим остановки циркуляционного насоса температура в первичном контуре может достичь (160-180) °C. Поэтому рекомендуется использовать теплоизоляцию на основе стекловолокна.

4. Прочие элементы гелиосистемы

Для хорошей циркуляции теплоносителя из контура необходимо полностью удалять воздух. Для этого во время заполнения системы жидкостью, из которой под влиянием подогрева освобождается воздух, применяется воздухоотводчик. В принципе применим ручной воздухоотводчик, деарационный бачок с ручным вентилем или автоматический воздухоотводчик. Для заполнения первичного контура теплоносителем или при неисправности в контуре, которая связана с появлением воздуха в системе или со сбросом жидкости, применяют насос подпитки. Для этих целей подходит любой ручной или электрический насос с достаточным давлением. Так в системах с предохранительным клапаном на 600кПа, заполняющее давление 350 кПа.

Первичный контур гелиосистемы монтируется исключительно как закрытый контур с напорным расширительным баком. Расширительный бак компенсирует объемные изменения, которые возникают при изменении температуры теплоносителя. Если объем расширительного бака слишком мал, то при охлаждении теплоносителя в контуре может возникнуть подсос воздуха через неплотности в арматуре. При прекращении циркуляции теплоносителя связанного со сбоем электропитания циркуляционного насоса температура теплоносителя может достигнуть точки кипения, что приведет к образованию пара и в результате происходит сброс жидкости через предохранительный клапан. В обоих случаях появляется воздух в первичном контуре и это вызывает замедление циркуляции теплоносителя, а также повышенную коррозию всех металлических материалов. Чтобы избежать этих неприятностей, необходимо правильно подобрать объем расширительного бака и правильно подключить его к первичному контуру. Расчет объема расширительного бака учитывает не только влияние прекращения циркуляции теплоносителя в первичном контуре, а также возможность его закипания в коллекторах. Полезный объем расширительного бака должен быть равным или большим суммы всех частичных объемных изменений в гелиосистеме. Общий объем первичного контура представляет собой сумму объемов коллекторов, трубопроводов, теплообменников и арматур.

Например, фирма TERMOSOLAR в зависимости от количества коллекторов площадью 1.7м² рекомендует следующие полезные и номинальные объемы расширительного бака.

Таблица 2. Рекомендуемые фирмой TERMOSOLAR полезные и номинальные объемы расширительного бака .в зависимости от количества коллекторов площадью 1,7 м².

Кол-во коллекторов, шт	2	3	4	5	6	8	10	12
Полезный объем, л	4.1	5.7	7.4	9.0	10.7	14.4	17.7	21.4
Номинальный объем, л	13.3	18.7	24.0	29.4	34.7	46.7	57.4	69.4

Расширительный бак подключают обязательно в обратную ветвь первичного контура за теплообменником либо перед входом в циркуляционный насос, либо на выходе. Подключение расширительного бака выполняют таким образом, чтобы во всем первичном контуре сохранялось положительное давление. Необходимо учитывать, что расход энергии на преодоление местных гидравлических сопротивлений и вязкости теплоносителя идет за счет высоты всасывания насоса, которая изменяется в зависимости от типа насоса и увеличивается с ростом температуры. Неправильное подключение расширительного бака может вызвать кавитацию насоса и сократить его срок службы. В случае насосов фирмы ГРУНДФОС в большинстве случаев оказывается более выгодным подключать расширительный бак на входе в

насос. Такой вид подключения является оптимальным для систем с большим гидростатическим давлением.

Для простого и удобного монтажа гелиосистемы, снижения требований по профессиональной подготовке рабочих и ускорения монтажа ряд зарубежных фирм поставляют узел управления гелиоустановок. Узел управления содержит все гидравлические элементы первичного контура кроме расширительного бака и воздухоотводчика. Он образует компактный блок подключаемый к трубопроводам с помощью 4 зажимов. Узел снабжен циркуляционным насосом. По желанию заказчика узел может оборудован расходомером с шаровым вентилем или одним шаровым вентилем предназначенным для полного отключения контура или регулировки расхода теплоносителя.

Накопление горячей воды, которая производится гелиосистемах в светлое время суток, для использования в вечернее время происходит в накопительных баках. Управление работой гелиосистемы максимально автоматизировано. В осенний и весенний периоды при низкой интенсивности солнечной радиации в случае, когда вода не нагревается до температуры 50°C, осуществляется дополнительный нагрев воды за счет использования традиционных газовых или электрических нагревателей. Расчеты показывают, что современные гелиосистемы с 1 апреля по 31 октября на 80% обеспечивают потребителя горячей водой за счет использования солнечной энергии, недостающие 20% будут обеспечиваться за счет использования традиционных нагревателей входящих в состав гелиоустановки. Проведенные нами на основе таблице 1 оценки подтверждают результаты указанных выше расчетов.

Управление работой гелиосистемы максимально автоматизировано. Когда интенсивность потока солнечного излучения достигает уровня выше величины запрограммированного значения либо когда температура коллекторов превышает температуру воды во вторичном контуре, датчик солнечного излучения, установленный на крыше корпуса или электронной регулятору подают команду на включение циркуляционного насоса первичного контура. В результате начинается циркуляция теплоносителя в первичном контуре и нагрев воды в теплообменнике во вторичном контуре. Холодная вода до ее поступления в систему проходит вначале через фильтр, а затем через устройство электромагнитной обработки, препятствующее образованию накипи в трубопроводе и теплообменниках. В подвале здания на входе каждого из баков установлено регулирующее устройство. Это устройство производит сравнение температуры антифриза в первичном контуре установки с температурой воды, содержащейся в одном из нескольких накопительных баков. Когда регулятор определяет, что температура воды, содержащейся в соответствующем ему резервуаре, ниже, чем температура антифриза в первичном контуре, то он подает команду на подключение циркуляции воды данного резервуара по вторичному контуру теплообменника, открывая электрический вентиль и запуская насос. Система горячего водоснабжения оборудована контрольно-измерительными системами: для учета потребления энергии, учета потребления горячей воды, контроля давления, контроля температуры.

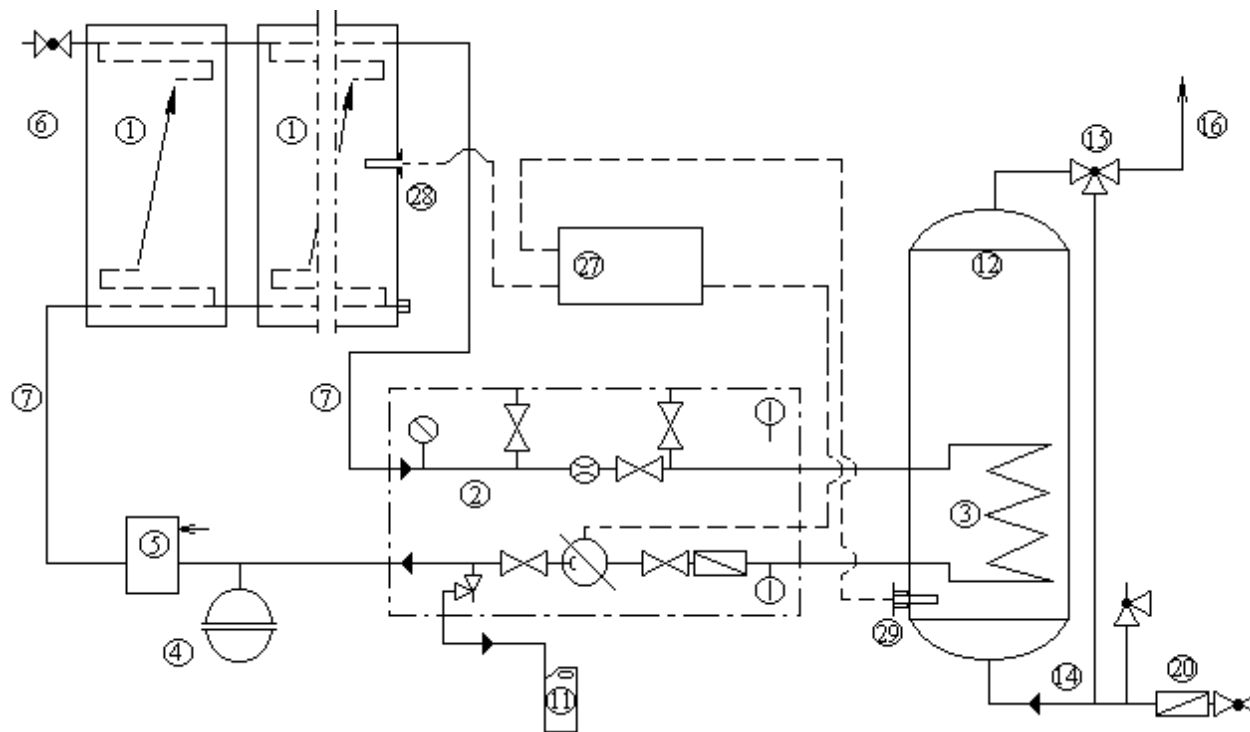
Учет потребления энергии осуществляется тремя теплосчетчиками которые измеряют энергию передаваемую солнечным коллекторам от солнца, тепловую энергию подаваемую в систему горячего водоснабжения, дополнительную тепловую энергию вырабатываемую резервным нагревателем. Учет объемов потребления горячей воды регистрируют несколько расходомера. Контроль давления осуществляется манометрами, установленными на входных и выходных патрубках насосов, теплообменника и некоторых фильтров. Контроль температуры осуществляют термометрами, установленными на входных и выходных патрубках теплообменника.

Конкретные солнечные установки сильно отличаются друг от друга. Их различие состоит в назначении, количестве контуров, способах подключения, мощностях, а также в расположении отдельных элементов оборудования и подбором вспомогательного оборудования от различных поставщиков. Несмотря на это существует несколько принципиальных схем, применение которых в значительной мере облегчит проектирование и монтаж гелиосистемы. Все эти схемы проверены на практике и обеспечивают оптимальное использование солнечной энергии. Выделяют следующие схемы подключения:

- **Одноконтурная система с принудительной циркуляцией** (рисунок 4)
- **Одноконтурная термосифонная система** (рисунок 5)
- **Двухконтурная система для горячего водоснабжения и бассейна** (рисунок 6)
- **Трехконтурная система для горячего водоснабжения, отопления и бассейна** (рисунок 7)
- **Одноконтурная система с принудительной циркуляцией и аккумуляционным электробойлером**
- **Система с накопителем тепла и отдельным рабочим бойлером**
- **Системы с каскадным подключением накопителей и поочередным заполнением и сливом**

В качестве недостатка гелиосистем считают более высокие капитальные затраты по сравнению с нетрадиционными источниками энергии. Капитальные затраты не растут линейно зависимости от мощности солнечного излучения. Например, увеличение количества коллекторов с 3 до 6 повышает мощность установки на 100%. Это обусловлено тем, что мощность растет линейно с количеством коллекторов, но вспомогательное оборудование одно и то же.

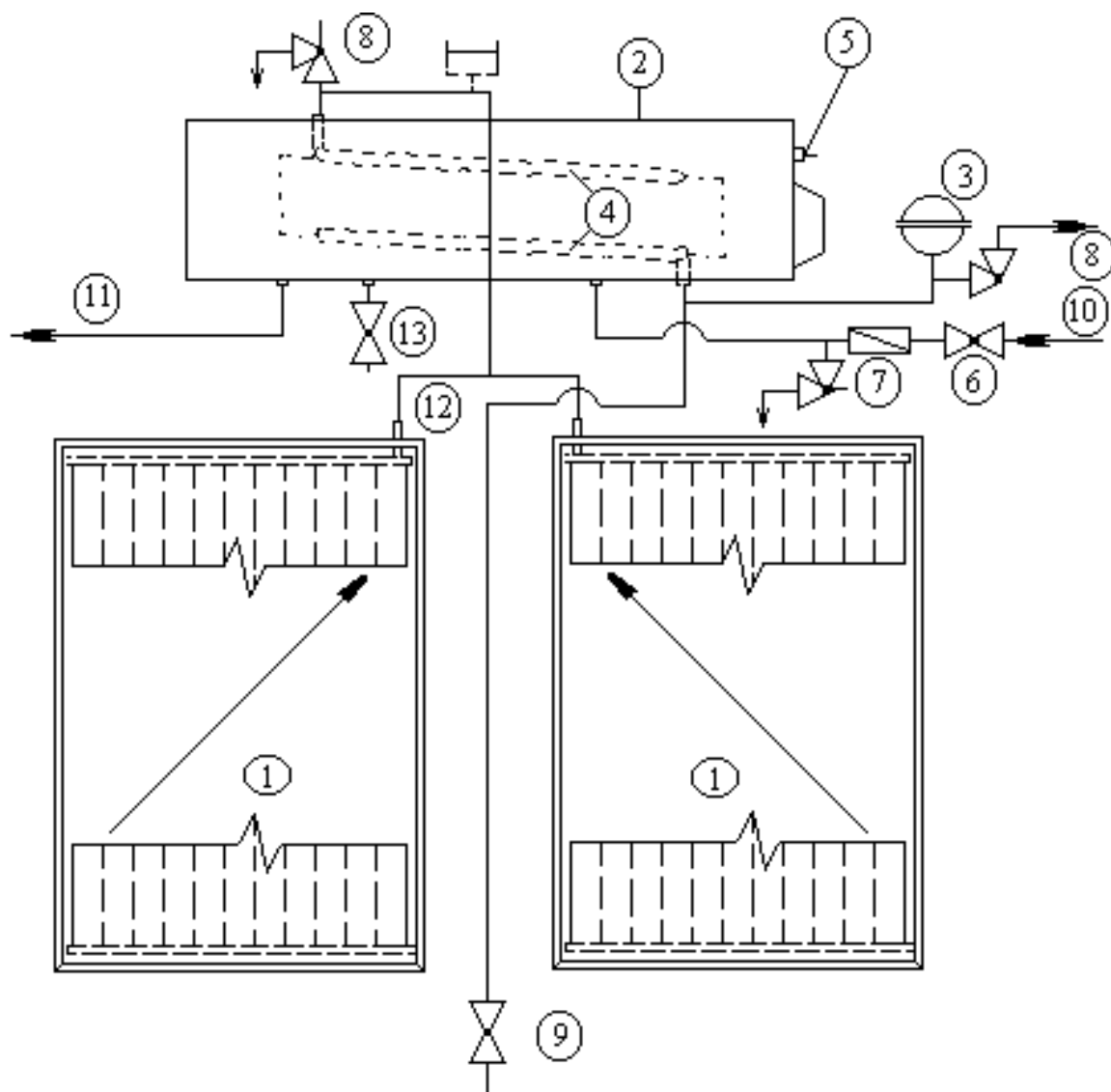
Одноконтурная схема с принудительной циркуляцией



1 - коллектор, 2 - узел управления, 3 - теплообменник, 4 - расширительный бак, 5 - абсорбционный воздухоотводчик, 6 - воздухоотводчик, 7 - соединительный трубопровод, 11 - запасной бак теплоносителя, 12 - бойлер, 14 - вход холодной воды, 15 - смешивающая арматура, 16 - выход горячей воды, 20 - предохранительная арматура, 27 - электронный регулятор, 28, 29 - датчики температур.

Рисунок 4

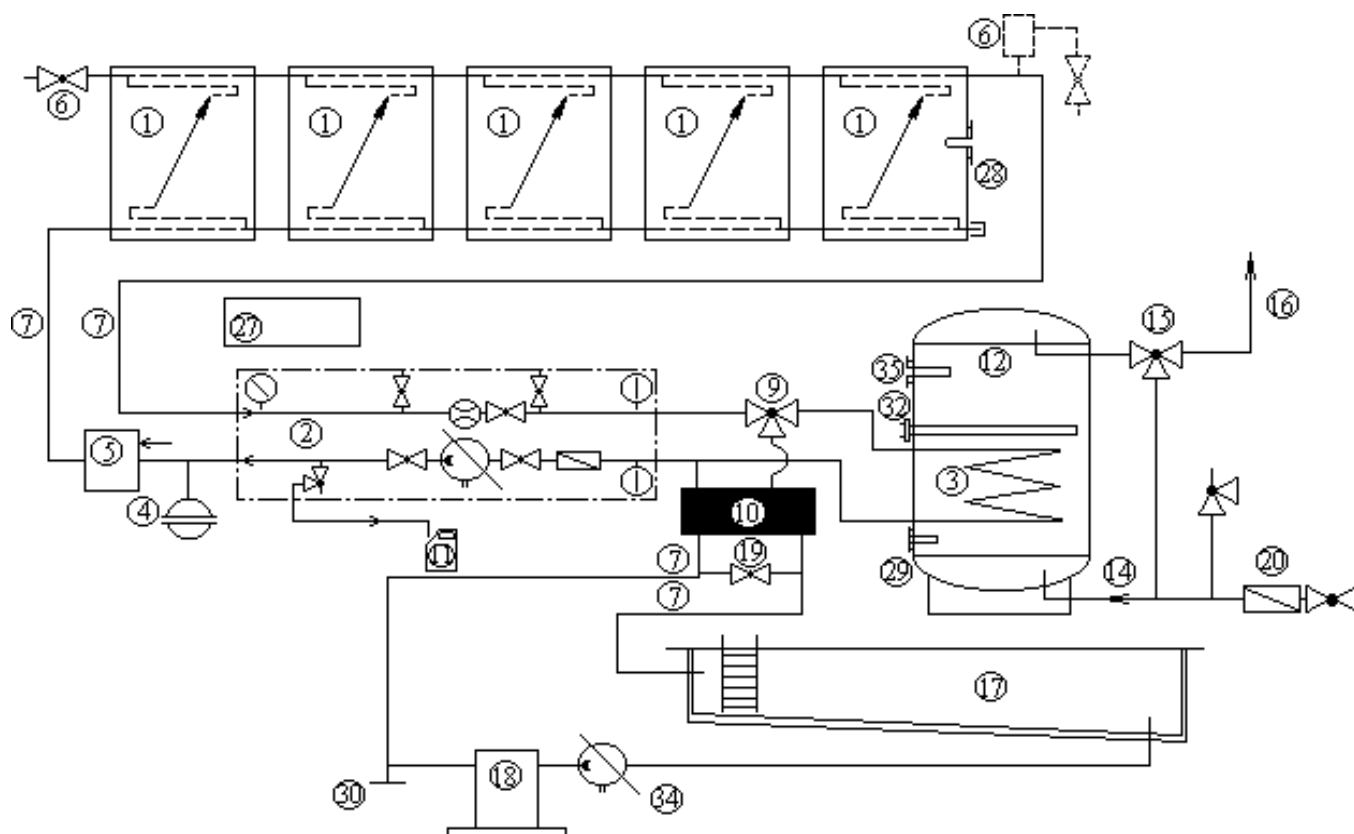
Одноконтурная термосифонная установка



1 - коллектор, 2 - бойлер, 3 - расширительный бак, 4 - теплообменник бойлера, 5 - термометр, 6 - запорный кран холодной воды, 7 - обратный клапан, 8 - предохранительный клапан первичного контура, 9 - подпиточный кран первичного контура, 10 - вход холодной воды, 11 - выход горячей воды, 12 - соединение коллекторов, 13 - сливной и шламоотводящий кран.

Рисунок 5

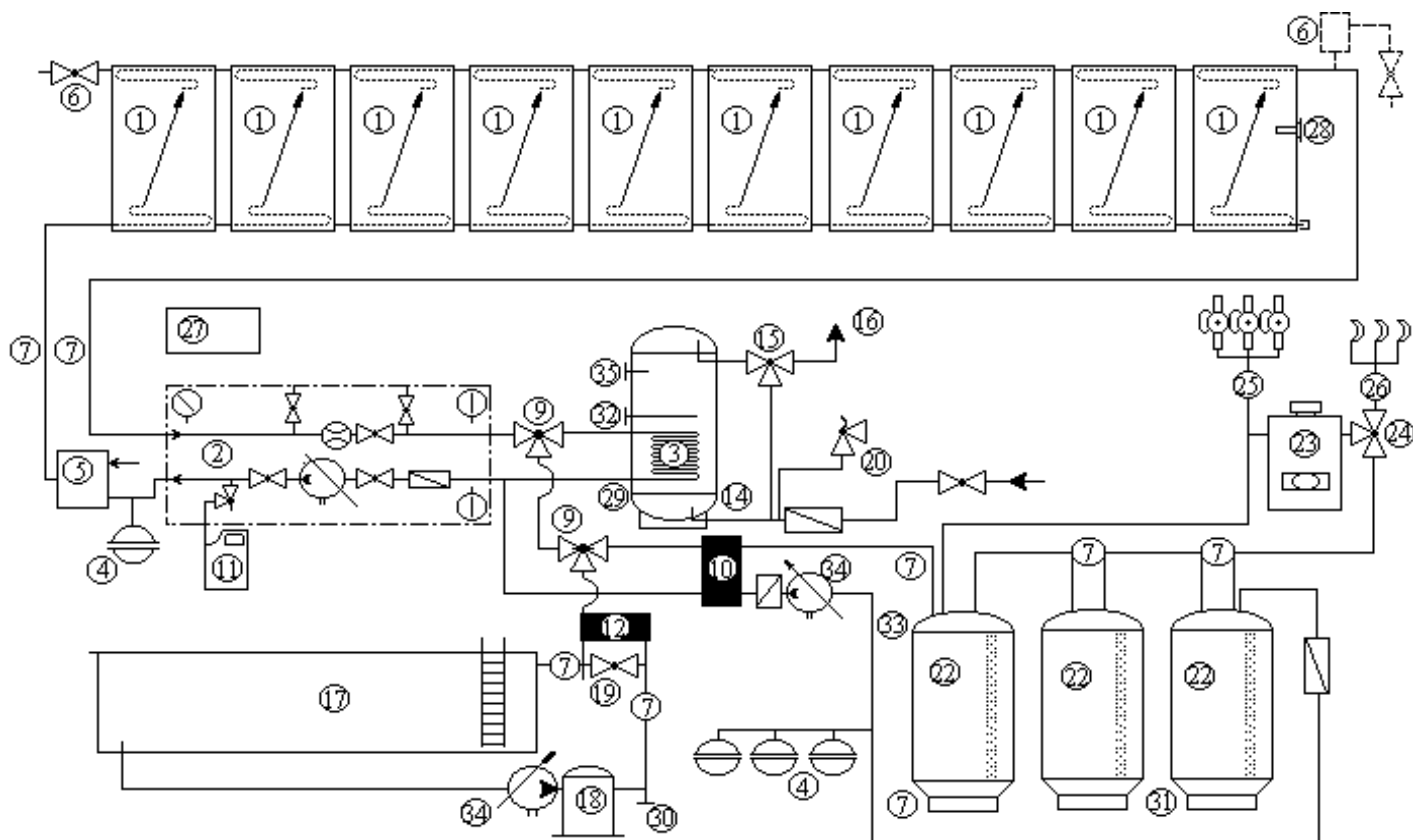
Двухконтурная схема для горячего водоснабжения и бассейна



1- коллектор, 2- узел управления, 3- соляный теплообменник, 4 - расширительный бак, 5- абсорбционный воздухоотводчик, 6- воздухоотводчик, 7- соединительный трубопровод, 8- трехходовая арматура, 10- противоточный теплообменник, 11- запасной бак теплоносителя, 12- бойлер, 14- вход холодной воды, 5- смешивающая арматура, 16- выход горячей воды, 17- бассейн, 18- фильтр, 19- вентиль байпаса, 20- обратный клапан, 27- электронный регулятор, 28, 29, 30- датчики температуры, 32- ТЭН, 34- циркуляционный насос, 35- датчик температуры электроподогрева.

Рисунок 6

Трехконтурная схема для горячего водоснабжения, отопления и бассейна



1 – коллектор, 2 – узел управления, 3 – солярный теплообменник, 4 – расширительный бак, 5 – абсорбционный воздухоотводчик, 6 – воздухоотводчик, 7 – соединительный трубопровод, 9 – трехходовые арматуры, 10 – противоточный теплообменник, 11 – запасной бак еплоносителя, 12 – бойлер, 14 – вход холодной воды, 15 – смешивающая арматура, 16 – выход ГВ, 17 – бассейн, 18 – фильтр, 19 – вентиль байпаса, 20 – предохранительная арматура, 22 – накопитель тепла, 23 – котел, 24 – трехходовая арматура отопления, 25 – прямая ветвь отопления, 26 – обратная ветвь отопления, 27 – электронный регулятор, 28, 29, 30, 31 – датчики температуры, 32 – ТЭН, 33 – термометр, 34 – циркуляционный насос, 35 – датчик температуры эл. догрева.

Рисунок 7