

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛИОУСТАНОВКИ «ЛУЧ» ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

П. Ф. Янчилин¹

² *Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь; e-mail : tgv_bstu@tut.by*

Реферат

В статье представлены некоторые из возможных вариантов подключения гелиоустановки «ЛУЧ» к системам теплоснабжения (отопления и горячего водоснабжения) небольших по мощности потребителей – индивидуальных домов, других небольших объектов и различных технологических нужд в сельском хозяйстве. Подключение гелиоустановки к системам теплоснабжения потребителей осуществляется по стандартным схемам с применением серийно выпускаемого гелиооборудования.

Ключевые слова: система отопления, гелиоконцентратор, система теплоснабжения.

APPLICATION OF THE SOLAR POWER PLANT "LUCH" INSTALLATION FOR HEAT SUPPLY OF SMALL FARMERS

P. F. Yanchilin

Abstract

The article presents some of the possible options for connecting the solar power plant "LUCH" to heat supply systems (heating and hot water supply) for consumers with a small capacity individual houses, other small facilities and various technological needs in agriculture. Solar power systems are connected to heat supply systems of consumers according to standard schemes using commercially available solar equipment.

Keywords: heating system, helioconcentrator, heat supply system.

Введение

Все известные гелиоустановки основаны на использовании гелиоконцентраторов или гелиоколлекторов. Количество солнечной улавливаемой энергии зависит от поперечных размеров энергоспринимающего органа, поэтому большинство солнечных гелиостанций расположены в плоскости поверхности Земли. Серьезным препятствием на пути эффективной реализации высокого энергетического потенциала солнечного излучения является его низкая плотность, обусловленная большой удаленностью Земли от Солнца. Преодолеть это противоречие можно лишь путем концентрирования излучения. Применение концентраторов позволяет не только поднять энергетическую эффективность солнечных энергетических установок, но также улучшить их энергетические и эксплуатационные показатели за счет уменьшения расхода материалов, снижения стоимости и массы, повышения устойчивости к действию внешних факторов. При этом возникает необходимость оптимального согласования параметров концентраторов и приёмников, расчет распределения плотности сконцентрированного излучения на поверхности приёмника и определение оптимальной концентрирующей системы для реализации требуемого распределения, в связи, с чем повышаются требования к точности расчетных оценок характеристик концентрирующих систем. Наиболее перспективным в ближайшее время направлением использования солнечной энергии является подогрев воды в системах отопления и горячего водоснабжения. Значительный потенциал энергосбережения в данной области связан с тем, что на нужды теплоснабжения сегодня приходится около половины от всего объема потребления ТЭР в Беларуси. Реализованные в Республике Беларусь проекты по применению гелиоводонагревателей на базе отечественных разработок показывают, что использование солнечных коллекторов эффективно не только в регионах с теплым климатом, но и в районах с низкими температурами и невысокими значениями солнечной радиации [1].

Особенности гелиоустановки «ЛУЧ»

В научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ разработана под руководством профессора, д. т. н. Северянина Виталия Степановича гелиоустановка «ЛУЧ». Гелиоустановка «ЛУЧ» относится к коммунальной промышленной теплоэнергетике и может быть использована для:

- систем хладоснабжения (при использовании специального оборудования);
- систем освещения [2–5];

- системы отопления и горячего водоснабжения небольших по мощности потребителей (коттеджи, теплицы, помещения цехов, складов, различные технологические нужды в сельском хозяйстве) как дублёр топливоиспользующих систем.

Гелиоустановка монтируется непосредственно на небольшом расстоянии от потребителя и может быть использована в городских и сельских условиях.

Назначение – улавливание и концентрация солнечных лучей в фокусе на сферическом теплоприёмнике, передача образующейся в фокусе теплоты теплоносителю, сбор нагретого теплоносителя в баке-аккумуляторе для последующего потребления.

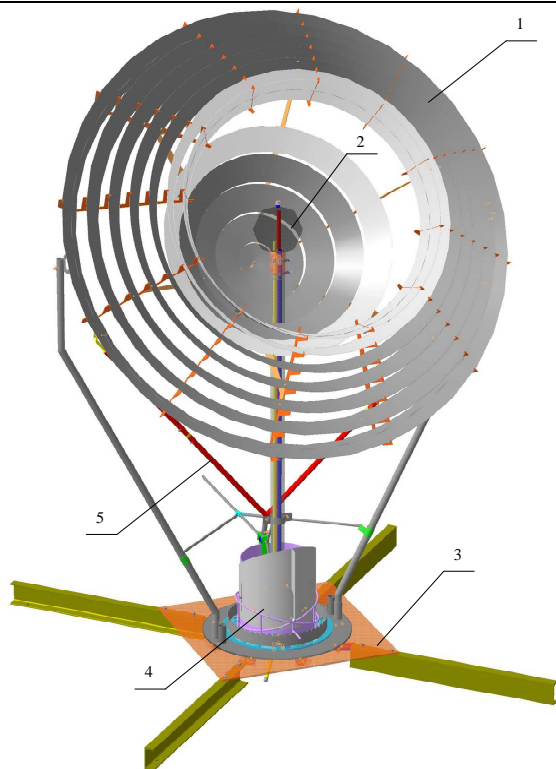
Конструкция гелиоустановки состоит из пяти основных частей:

1. Оптическая система (комплекс конусов-зеркал на специальном каркасе – гелиоконцентратор).
2. Система слежения за Солнцем (копиры, механизм поворота оптической системы, электрический привод, система управления).
3. Механизм подъема оптической системы (рычаги и тяги).
4. Теплоприёмник (сферический солнечный водонагреватель, система трубопроводов, бак-аккумулятор, регуляторы и запорная арматура).
5. Гелиоустановка монтируется на металлическом основании (плита, швеллеры, подшипники).

Общий вид гелиоустановки показан на рисунке 1 [6].

Основными особенностями (отличиями от известных установок) гелиоустановки «ЛУЧ» являются:

- ✓ «расщепление» сплошного параболоида вращения на отдельные концентричные конуса и конструирование из них нового, более технологичного, гелиоконцентратора;
- ✓ оригинальная конструкция конусного концентратора солнечной энергии позволяет использовать его в весенне-осенний и зимний период;
- ✓ применение данного концентратора солнечной энергии позволяет существенно увеличить коэффициент использования солнечной энергии, вследствие чего температуру теплоносителя можно повысить до 300°C;
- ✓ зеркальная часть гелиоконцентратора представляет собой группу узких, отделенных друг от друга концентричных конусов, что:
 - снижает ветровую нагрузку, т. к. поток воздуха проходит сквозь расстояния между конусами;
 - упрощает изготовление и сборку зеркал, т. к. поверхности конусов имеют I степень кривизны;



1 – оптическая система; 2 – теплоприёмник; 3 – основание; 4 – система слежения за Солнцем; 5 – механизм подъема оптической системы

Рисунок 1 – Общий вид гелиоустановки

- ✓ оригинальная конструкция теплоприёмника позволяет эффективно использовать сконцентрированную солнечную энергию, а наличие воздушной прослойки между поверхностью теплоприёмника и прозрачной оболочки устраняет тепловые потери конвективным способом;
- ✓ теплоприёмник неподвижен, оптическая система поворачивается вокруг него, это упрощает конструкцию коммуникаций теплоносителя;
- ✓ ориентирование на Солнце оси гелиоконцентратора осуществляется особым механизмом слежения;
- ✓ движение оптической системы учитывает не только суточное, но и сезонное изменение положения Солнца.

Оптическая система гелиоустановки, или гелиоконцентратор, состоит из элементов трех основных типов – радиусов, конусов, крепежных колец.

Радиусы представляют собой плоские элементы, имеющие специальные вырезы, для крепления конусов под расчётным заданным углом (необходимое условие для наилучшего приема потока солнечных лучей). Радиусы соединяются с крепежными кольцами и образуют жёсткую пространственную конструкцию.

Каждый конус – это лента (полоса) из листового материала, согнутая в виде усечённого конуса, внутренняя поверхность которого является зеркальной. Угол образующей конуса к его оси выбираем таким, чтобы солнечный луч после отражения был направлен в фокус. Естественно, что все конуса имеют один и тот же фокус. Конуса должны располагаться таким образом, чтобы они не перекрывали друг друга, т. е. не затеняли солнечный поток. Солнечные лучи, попадая на поверхность конуса, отражаются и фокусируются в виде прямой фокусной линии (отрезок на оси гелиоконцентратора). Таким образом, солнечные лучи, попадая на каждый из конусов и отражаясь, фокусируются в виде размытого фокусного пятна [7]. В фокусе конусов расположен приёмник лучистой энергии – как вариант это полая сфера.

Конусы закрепляются на радиусах, при этом образуется продуваемая прочная пространственная конструкция. Получаем, что гелиоконцентратор представляет собой совокупность концентрических конусов. При этом снижается ветровая нагрузка (поток воздуха свободно проходит сквозь расстояния между конусами) и упрощается изготовление и сборка зеркал, т. к. поверхности конусов имеют I степень кривизны (аналогичные параболические поверхности существенно сложнее).

При изготовлении можно использовать относительно дешёвые материалы. Хромированный алюминий – для зеркальных конусов, алюминий – для радиусов, малоуглеродистая сталь – для крепежных колец. Соединения между элементами можно производить как болтовое, так и с помощью заклёпок.

Для гелиоустановки «ЛУЧ-3» площадь улавливаемого солнечного потока, или площадь апертуры, S_a равна $4,55 \text{ м}^2$, а суммарная площадь поверхности всех конусов, или площадь отражения, получилась равной $7,36 \text{ м}^2$. Коэффициент отношения площади зеркала к площади солнечного потока равен $1,62$. Так как рассматриваемый концентратор в виде конусов предусматривается для работы в «бытовых» гелиосистемах (малой мощности), используемых для систем горячего водоснабжения и отопления, то высокая точность концентрации на относительно небольшой поверхности приёмника не требуется. Чем выше коэффициент концентрации, тем выше температура на поверхности приёмника, а для данных областей применения высокие температуры (выше 100°C) не используются. Поэтому размер образующей конусов гелиоконцентратора может приниматься «относительно большим», в пределах $10\text{--}20 \text{ см}$. Так же не нужна и высокая точность системы слежения за траекторией Солнца, что позволяет упростить конструкцию.

В понятие «теплоприёмник» входит как сам тепловоспринимающий элемент, так и система подводящих и отводящих теплоноситель трубопроводов и колонна, на которую крепится сам теплоприёмник.

Теплоприёмник укрепляется сверху колонны, в которой по трубопроводу подается холодный теплоноситель и, попадая внутрь теплоприёмника, нагревается до требуемой температуры. Конструкция тепловоспринимающего элемента зависит от расхода теплоносителя и мощности теплового потока, зависящего от соотношения поперечного сечения светового потока к размеру фокусного пятна.

В фокусе образующей конуса мы имеем не точку, а линию. В результате наложения фокусных линий от нескольких конусов, расположенных под определенным углом, не затеняя друг друга, мы получаем размытое фокусное пятно. Получаем, что чем больше отношение площади, улавливающей солнечные лучи, к размеру фокусного пятна, тем выше температура, т. е. чем меньше «котел», который должен разместиться в фокусе, тем больше в нем температура. С другой стороны, чем меньше «котел», тем меньше можно пропустить через него теплоноситель. Исходя из этих условий определяются размеры теплоприёмника и рассчитывается лучистый теплообмен.

Желательная форма тепловоспринимающего элемента – сфера. Поверх теплоприёмника может быть установлена прозрачная конструкция в виде стеклянного колпака, для уменьшения инфракрасных лучей от горячего теплоприёмника, для увеличения эффективности его обогрева [8].

Варианты применения гелиоустановки «ЛУЧ»

Довольно распространенный и, пожалуй, наиболее перспективный вариант использования солнечной энергии для теплоснабжения индивидуальных домов, других небольших объектов и различных технологических нужд в сельском хозяйстве – система, представляющая собой комбинацию солнечных коллекторов, бака-аккумулятора, одного или нескольких отопительных котлов (технологически более «продвинутой» схема предусматривает еще и тепловой насос). Такое сочетание обеспечивает комфортные условия с наименьшими затратами традиционных энергоносителей. В данном случае бак-аккумулятор с системой встроенных теплообменников играет роль объединяющего и согласующего элемента всей установки теплоснабжения. Применение в гелиосистемах в качестве теплоносителя низкотемпературной жидкости на основе глицерина – этилен-гликоля или пропилен-гликоля с присадками, защищающими теплопроводы от коррозии, позволяет эксплуатировать системы круглый год.

Простая схема подключения гелиоустановки через ёмкостной водонагреватель для нужд ГВС показана на рисунке 2, где цифрами обозначены: 1 – ёмкостной водонагреватель (бойлер) ГВС, 2 – гелиоустановка «ЛУЧ», 3 – насосный узел гелиоустановки, 4 – система горячего водоснабжения (водоразборные точки).

Схема бивалентного приготовления ГВС с ёмкостным водонагревателем и одноконтурным котлом показана на рисунке 3, где цифрами обозначены: 1 – ёмкостной водонагреватель (бойлер) ГВС, 2 – котёл отопительный одноконтурный (газовый или твёрдотопливный), 3 – гелиоустановка «ЛУЧ», 4 – насосный узел гелиоустановки, 5 – система горячего водоснабжения (водоразборные точки).

Одна из возможных комбинированных схем подключения, использующих три источника теплоты (гелиоустановка, тепловой насос, газовый котёл), – схема бивалентного приготовления ГВС и поддержки системы отопления с комбинированным ёмкостным водонагревателем, приведена на рисунке 4, где цифрами обозначены: 1 – установка теплового насоса, 2 – основной ёмкостной водонагреватель (бойлер) ГВС, 3 – буферная ёмкость, 4 – дополнительный ёмкостной водонагреватель ГВС, 5 – газовый отопительный котёл, 6 – гелиоустановка «ЛУЧ», 7 – насосный узел гелиоустановки, 8 – теплообменник центрального теплоснабжения, 9 – гидравлическая стрелка, 10 – контур системы отопления, 11 – система горячего водоснабжения (водоразборные точки).

Аналогично гелиоустановка используется и для нужд хладоснабжения тех же потребителей при соответствующем её укомплектовании [9].

Как известно, в фермерских хозяйствах требуются устройства для получения тепловой энергии, используемой для подсушивания зерна, сена, других продуктов сельского хозяйства и т. п. Для этого может быть применена схема использования небольшой гелиоустановки «ЛУЧ» для малых фермерских хозяйств, приведенная на рисунке 5, где цифрами обозначены: 1 – гелиоустановка «ЛУЧ»; 2 – блок подогрева воздуха; 3 – ёмкость для сбора нагретой воды; 4 – сооружение для подсушки сельскохозяйственной продукции; 5 – сельскохозяйственная продукция; 6 – калорифер; 7 – вентиляционные установки; 8 – насосные установки; 9 – шибер для регулировки подачи тёплого воздуха; 10 – подогретая вода; 11 – вода на подогрев в гелиоустановке; 12 – подогретая вода на калорифер; 13 – охлаждённая вода из калорифера; 14 – вода на подпитку; 15 – воздухопровод горячего воздуха; 16 – воздухопровод охлаждённого воздуха; 17 – подогретая вода; 18 – подогретая вода на нужды фермерского хозяйства.

Использование гелиоустановки «ЛУЧ» для малых фермерских хозяйств описывается следующим образом. Солнечные лучи концентрируются установкой «ЛУЧ» в оптическом фокусе конусов параболоида. За счёт размещения в нём теплоприёмника осуществляется преобразование солнечной энергии в тепловую и происходит нагревание воды, которая подаётся насосом 8 по трубопроводу 11 из ёмкости 3. Нагретая в гелиоустановке 1 вода возвращается обратно в ёмкость для сбора воды 3 по трубопроводу 10. Из этого сборника нагретая вода по трубопроводу 12 направляется в калорифер 6 блока подогрева воздуха 2. Использованная вода в поз. 2 по трубопроводу 13 возвращается обратно в ёмкость для сбора нагретой воды. Нагретый воздух в блоке подогрева воздуха 2 с помощью вентиляционной системы нагнетается в воздухопровод 15. Потребный расход воздуха регулируется шибером 9. Нагретый воздух используется для сушки сельскохозяйственной продукции в сооружении для подсушки 4. Далее использованный воздух с помощью вентиляционной системы 7 по воздухопроводу 16 подаётся обратно блоку подогрева воздуха 2. При отсутствии необходимости использования нагретой воды для сушки сельскохозяйственной продукции, блок подогрева воздуха 2 отключается и с помощью трубопровода 18 направляется на нужды фермерского хозяйства.

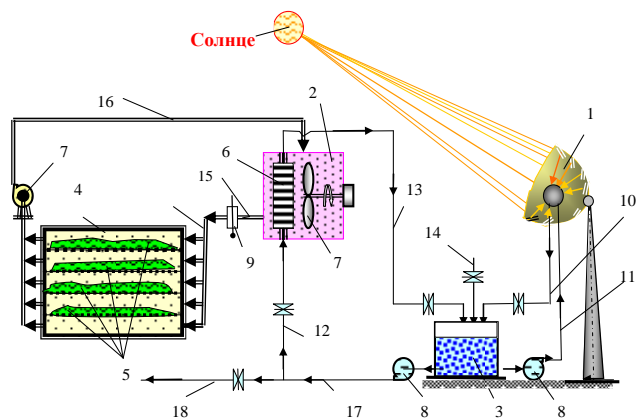


Рисунок 5 – Схема подключения гелиоустановки для технологических нужд в малых фермерских хозяйствах

Заключение

Можно сделать вывод, что разработанную гелиоустановку «ЛУЧ-3» с системой концентрации с площадью апертуры 4,9 м² можно рекомендовать для использования в качестве дублёра к основным «тради-

ционным» системам для теплоснабжения (в системах отопления и горячего водоснабжения) небольших по мощности потребителей — индивидуальных домов, других небольших объектов и различных технологических нужд в сельском хозяйстве. Аналогично используется она и для нужд хладоснабжения тех же потребителей при соответствующем её укомплектовании. Подключение гелиоустановки к системам теплоснабжения потребителей осуществляется по стандартным схемам с применением серийно выпускаемого гелиооборудования.

Список цитированных источников

1. Тимошук, А. Л. Перспективы использования солнечной энергии в Республике Беларусь / А. Л. Тимошук, А. А. Данилевский // Белорусское сельское хозяйство. – 2012. – № 1. – Минск.
2. Система освещения: патент 6524С1 Респ. Беларусь, МПК F 21 S 11/00 / В. С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. – № а 20000953; заявл. 2000.10.24, 2004.09.30.
3. Способ освещения: патент 6369С1 Респ. Беларусь, МПК F 21 K 2/00 / В. С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. – № а 20000955; заявл. 2000.10.24, 2004.09.30.
4. Гелиоустановка: патент 6889U Респ. Беларусь, МПК F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / В. С. Северянин, Т. А. Власова; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. – № u 20100484; заявл. 21.05.2010.
5. Гелиоустановка: патент 6939U Респ. Беларусь, МПК F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / В. С. Северянин, П. Ф. Янчилин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. – № u 20100555; заявл. 14.06.2010.
6. Гелиоустановка «ЛУЧ» как энергосберегающий генератор теплоты / П. Ф. Янчилин // Проблемы энергетической безопасности в современном мире : материалы круглого стола, посвящённого году бережливости и энергосбережения, 21 марта 2013 года. – Брест : БрГТУ. – С. 51–57.
7. Особенности расчета оптической системы гелиоустановки «Луч» / В. С. Северянин, П. Ф. Янчилин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 74–77.
8. Гелиоустановка: патент 8604Респ. Беларусь, МПК F 24 J 2/00 / В. С. Северянин, П. Ф. Янчилин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. – № u 20120084; заявл. 30.01.2012.
9. Варианты использования гелиоустановки «ЛУЧ» / П. Ф. Янчилин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – № 2 : Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 61–66.

References

1. Timoshuk, A. L. Perspektivy ispol'zovaniya solnechnoj energii v Respublike Belarus' / A. L. Timoshuk, A. A. Danilevskij // Belorusskoe sel'skoe hozyajstvo. – 2012. – № 1. – Minsk.
2. Sistema osveshcheniya: patent 6524C1 Resp. Belarus', MPK F 21 S 11/00 / V. S. Severyanin; zayavitel' Brestsk. gos. tekhn. un-t. – № a 20000953; zayavl. 2000.10.24, 2004.09.30.
3. Sposob osveshcheniya: patent 6369C1 Resp. Belarus', MPK F 21 K 2/00 / V. S. Severyanin; zayavitel' Brestsk. gos. tekhn. un-t. – № a 20000955; zayavl. 2000.10.24, 2004.09.30.
4. Gelioustanovka: patent 6889U Resp. Belarus', MPK F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / V. S. Severyanin, T. A. Vlasova; zayavitel' Brestsk. gos. tekhn. un-t. – № u 20100484; zayavl. 21.05.2010.
5. Gelioustanovka: patent 6939U Resp. Belarus', MPK F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / V. S. Severyanin, P. F. YAnchilin; zayavitel' Brestsk. gos. tekhn. un-t. – № u 20100555; zayavl. 14.06.2010.
6. Gelioustanovka «LUCH» kak energosberegayushchij generator teploty / P. F. YAnchilin // Problemy energeticheskoy bezopasnosti v sovremennom mire : materialy kruglogo stola, posvyashchyonnogo godu berezhlivosti i energosberezheniya, 21 marta 2013 goda. – Brest : BrGTU. – S. 51–57.
7. Osobennosti rascheta opticheskoy sistemy gelioustanovki «Luch» / V. S. Severyanin, P. F. YAnchilin // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2010. – № 2: Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo i teploenergetika. – С. 74–77.
8. Gelioustanovka: patent 8604Resp. Belarus', MPK F 24 J 2/00 / V. S. Severyanin, P. F. YAnchilin; zayavitel' Brestsk. gos. tekhn. un-t. – № u 20120084; zayavl. 30.01.2012.
9. Varianty ispol'zovaniya gelioustanovki «LUCH» / P. F. YAnchilin // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2017. – № 2 : Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo i teploenergetika. – S. 61–66.

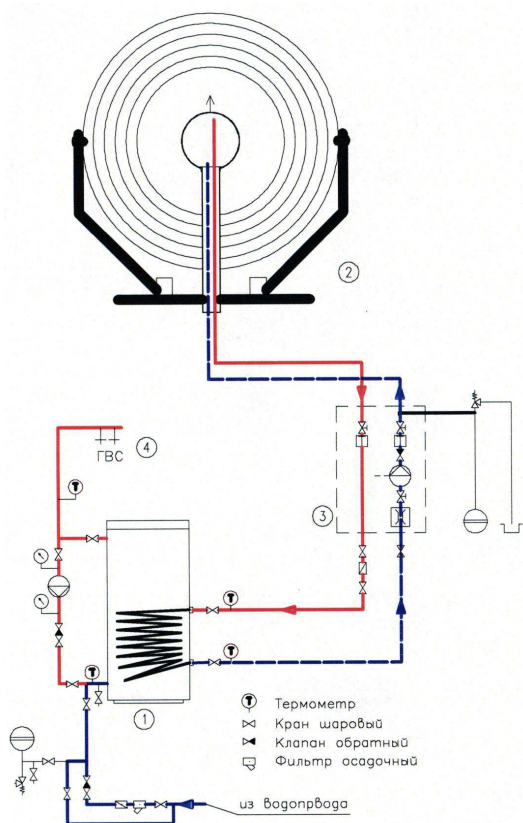


Рисунок 2 – Схема подключения геолоустановки через ёмкостной водонагреватель для нужд ГВС

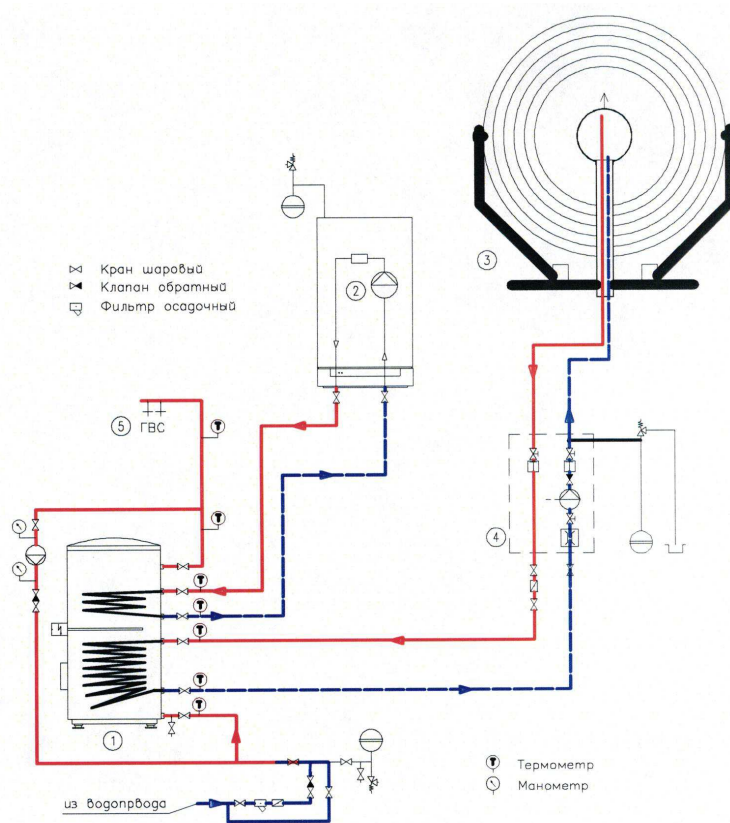


Рисунок 3 – Схема бивалентного приготовления ГВС с емкостным водонагревателем и одноконтурным котлом

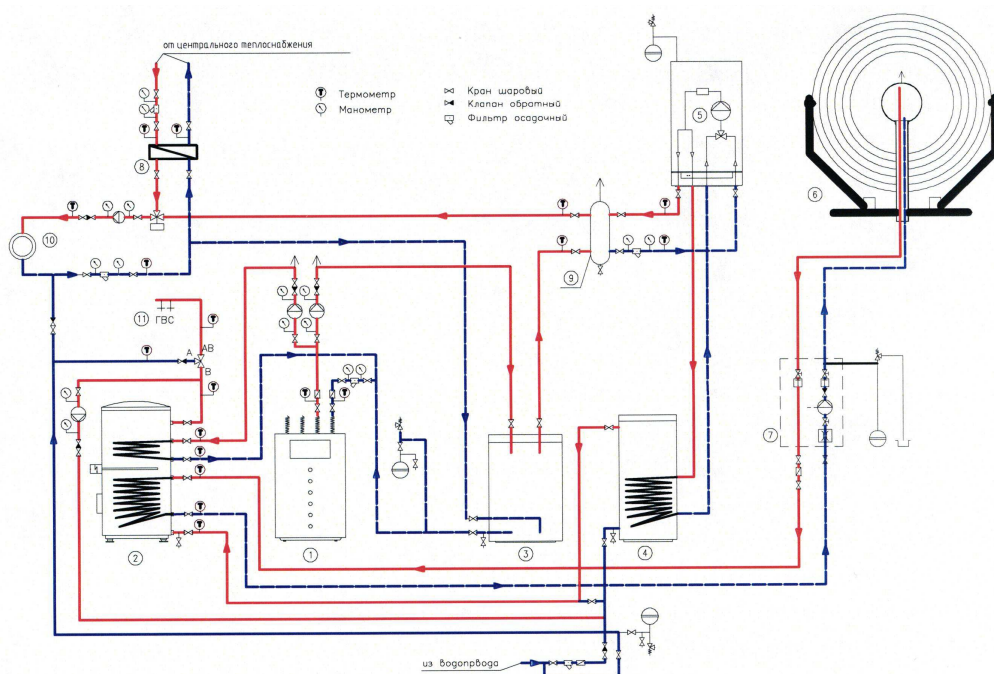


Рисунок 4 – Схема бивалентного приготовления ГВС и поддержки системы отопления с комбинированным емкостным водонагревателем

Материал поступил в редакцию 28.02.2020