



## АНАЛИЗ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ВИЭ

Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М., Камолов Б.И.

*Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан.*

**Аннотация:** В статье приведены схемы гибридных систем теплоснабжения на основе традиционных и возобновляемых энергоресурсов. Проведен краткий анализ работы существующих гибридных систем теплоснабжения и предложена усовершенствованная гибридная система теплоснабжения сельского дома для условий юга Республики.

**Ключевые слова:** система отопления, гибридная система, тепловой насос, солнечный коллектор, электро-энергия.

## QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANGAN TURAR-JOY BINOLARINING GIBRID ISITISH TIZIMLARINI TAHLILI

Uzakov G.N., Davlanov X.A., Toshmamatov B.M., Kamolov B.I.

*Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O'zbekiston*

**Annotatsiya:** Maqolada an'anaviy va qayta tiklanadigan energiya manbalariga asoslangan gibrud issiqlik ta'minoti tizimlarining sxemalari keltirilgan. Mavjud gibrud issiqlik ta'minoti tizimlarining ishining qisqacha tahlili o'tkazildi va respublika janubiy sharoitlari uchun qishloq uyi uchun takomillashtirilgan gibrud issiqlik ta'minoti tizimi taklif qilingan.

**Kalit so'zlar:** Isitish tizimi, gibrud tizim, issiqlik nasosi, quyosh kollektori, elektr energiyasi.

## ANALYSIS OF HYBRID HEATING SYSTEMS OF RESIDENTIAL BUILDINGS USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Uzakov G.N., Davlanov X.A., Toshmamatov B.M., Kamolov B.I.

*Karshi Engineering Economics Institute, Karshi, Uzbekistan*

**Abstract:** The article presents schemes of hybrid heat supply systems based on traditional and renewable energy sources. A brief analysis of the existing hybrid heat supply systems was conducted and an improved hybrid heat supply system for a country house was proposed for the conditions of the south of the republic.

**Key words:** Heating system, hybrid system, heat pump, solar collector, electricity.

Под гибридными системами отопления зданий и сооружений принято понимать такие системы отопления, в которых тепло вырабатывается на основе нескольких источников энергии. Любая бивалентная и поливалентная система отопления является гибридной. Однако в последнее время такие системы подразумевают включение в состав агрегатов, производящих тепло от возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [1,2].

Гибридные системы уже получили широкое распространение в странах ЕС. Их внедрению способствует целый ряд принятых там программ и нормативных документов, по повышению энергоэффективности теплоснабжения и использованию возобновляемых источников энергии.

За последнее десятилетие доля ВИЭ в энергобалансе ЕС неуклонно и быстро растет, к 2020 г планируется довести долю возобновляемых источников в энергетике до 20 %. Конкретно в области холодо-теплоснабжения доля ВИЭ ежегодно увеличивается во всех

странах без исключения. В России, учитывая доступность ресурсов, техническую осуществимость и экономическую обоснованность применения технологий возобновляемой энергетики, составляет более чем 270 млн тонн условного топлива (млн. т у. т.) – это около 30 % от общей первичной поставки энергоресурсов [3,4].

Анализ эксплуатации систем теплоснабжения показывают, что основными преимуществами гибридных систем теплоснабжения являются следующие:

-использования нескольких энергоносителей и, соответственно, теплогенераторов определяют преимущества гибридных систем. Одним из таких преимуществ является возможность существенного снижения затрат на отопление ввиду изначально различной стоимости энергоносителей.

-использование ВИЭ, еще более повышает эффект экономии гибридных систем, так как стоимость энергии, получаемой от этих источников, определяется лишь стоимостью электроэнергии, затраченной на обеспечение работы оборудования. Например, когда в таких системах используется гелиоколлектор, затраты электроэнергии идут лишь на работу циркуляционного насоса; при включении в систему геотермального теплового насоса («земля-вода», «вода-вода») электричество расходуется, кроме циркуляционного насоса еще и на работу компрессора, а в случае воздушного теплового насоса («воздух-вода», «воздух-воздух») – на работу компрессора, циркуляционного насоса и вентилятора. В любом случае это очень небольшие затраты.

В типичном случае основные нагрузки таких систем большую часть отопительного сезона закрываются энергией, получаемой от ВИЭ. Пиковый теплогенератор включается в работу только когда тепла, получаемого от возобновляемых источников, не хватает на отопление или приготовление ГВС. Еще одно преимущество от использования гибридных систем и установок заключается в значительном повышении надежности работы системы, при отказе одного из теплогенераторов или при перебоях подачи одного из энергоносителей, остается другой, выполняющий, в данный момент, функцию резервного. Не говоря уж о том, что создание таких систем в большинстве случаев подразумевает включение в них аккумуляторов тепла, которые не только позволяют рационально его расходовать в соответствие с потребностями пользователя, но и обеспечивают некоторый резерв, на случай критической ситуации.

Немаловажным, а в общем смысле и главным достоинством гибридных систем является их высокая экологичность. Использование в них ВИЭ и рационального сжигания топлива на основе природных углеводородов позволяет в несколько раз снизить выбросы вредных веществ в атмосферу – CO и NO<sub>x</sub>, включая и конечный продукт сгорания топлива – CO<sub>2</sub>, по сравнению с традиционными моновалентными системами отопления.

Комплектация гибридных систем отопления (рис. 1) зависит от многих факторов, начиная от особенностей климатических условий региона, в котором планируется использовать гибридную систему теплоснабжения, и имеющихся в наличии доступных традиционных энергоресурсов.



Рис. 1. Гибридная система теплоснабжения коттеджа на основе использования ВИЭ.



Наиболее распространенная («классическая») комплектация таких систем включает:

- высокоэффективное котельное оборудование, использующее традиционные энергоносители (газ, дизельное топливо, электричество, уголь), либо работающее на возобновляемом твердом топливе (древесина), в том числе на пеллетах;
- тепловой насос (воздушный или геотермальный);
- гелиоколлектор;
- накопительный водонагреватель косвенного нагрева;
- отопительные приборы (радиаторы, конвекторы), тепловые панели, системы теплого пола, распределительные узлы, насосное оборудование, трубопроводы;
- общую систему управления.

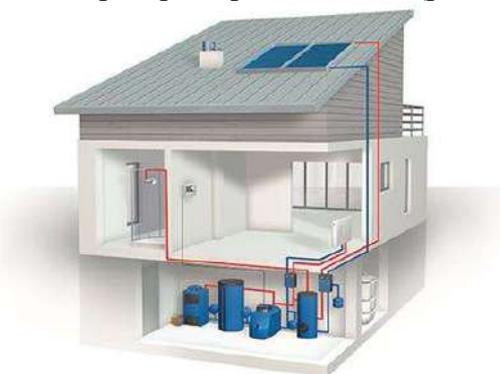
Принципиально гибридные системы теплоснабжения могут собираться на основе отдельных единиц оборудования различного предназначения или даже поставляться единым блоком, включающим в себя основное оборудование, за исключением выносных модулей, отопительных приборов и трубопроводов.

Режимы работы оборудования, применяющегося в гибридных системах (и, в частности, тепловых насосов и конденсационных котлов) идеальны для создания низкотемпературных систем отопления с использованием таких средств, как теплые полы.

Создание гибридных систем отопления в подавляющем большинстве случаев носит индивидуальный характер и зависит от конкретной ситуации заказчика. Это касается и выбора пикового теплогенератора. Если у заказчика отсутствует доступ к дешевому энергоносителю – магистрального природного газу – он может использовать другие энергоносители – сжиженный газ, жидкое топливо, электроэнергию, дрова. Гибридная система теплоснабжения на основе теплового насоса и твердотопливного дровяного котла в таком случае является перспективным решением. Основную нагрузку в моменты пребывания людей закрывает твердотопливный котел длительного горения, но требующий ручной закладки. Работа теплового насоса полностью автоматизирована и позволяет контролировать работу дровяного котла. В моменты отсутствия жильцов автоматически включается тепловой насос и поддерживает работу систем отопления и ГВС в экономичном режиме с минимальными затратами электроэнергии. Кроме того, ввиду отсутствия жильцов собственное потребление электроэнергии домом минимально, что позволяет вписаться в установленный лимит электропотребления. При ручном розжиге дровяного котла тепловой насос автоматически отключается.

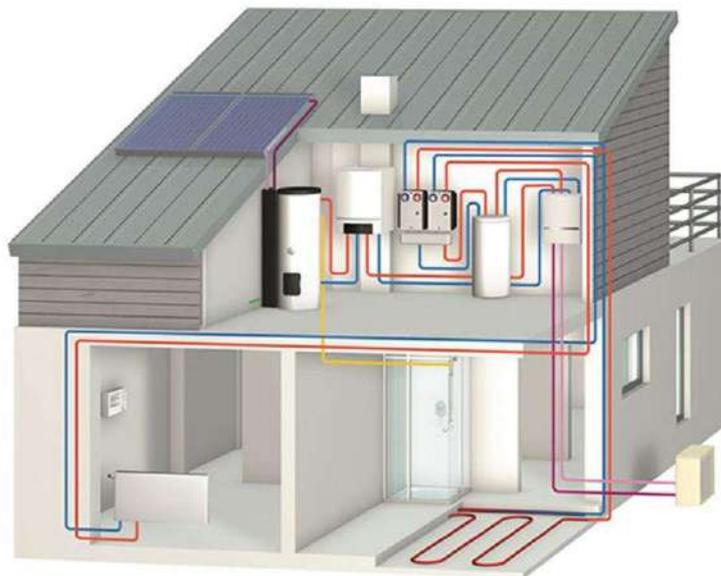
Еще больше автоматизировать гибридную систему отопления, в которой в качестве пикового теплогенератора используется котел на древесном топливе, позволит применение котла на пеллетах.

Если речь идет об уже установленном оборудовании и введенной в эксплуатацию системе отопления, к которой нужно присоединить еще один источник тепла. Например, коттедж оборудован надежным дизельным котлом, но рост стоимости топлива, все больше делает эксплуатацию такого теплогенератора дорогостоящей (рис. 2).



**Рис. 2 Система отопления с твердотопливным пиролизным котлом, плоскими солнечными коллекторами для ГВС и дизельным котлом в качестве альтернативного теплогенератора.**

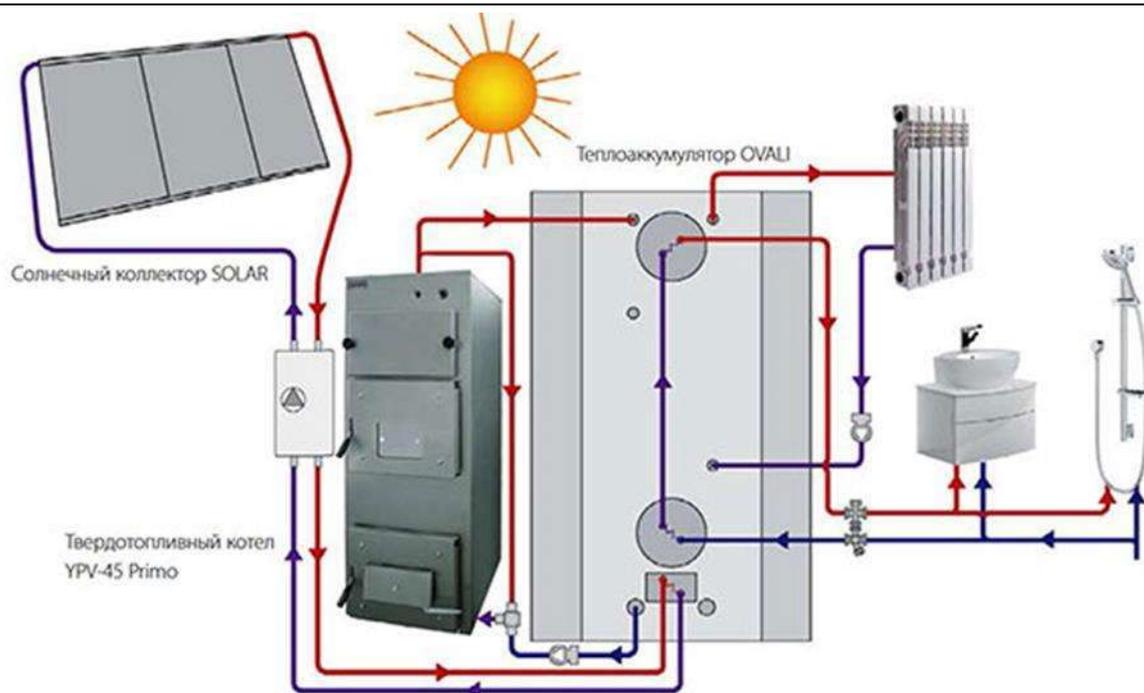
Когда есть возможность подключения к магистральному газу, газовый котел остается наиболее выгодным пиковым теплогенератором для гибридных систем теплоснабжения. При этом из газовых котлов наиболее подходящим оборудованием для таких систем рекомендуются конденсационные модели (рис. 3). И дело тут не только в их высокой эффективности, но и в том что они наиболее подходят для использования в системах низкотемпературного отопления, где температура воды на выходе из теплогенератора составляет 60 °С, а на входе – менее 40 °С .



**Рис. 3. Система теплоснабжения коттеджа на базе воздушного теплового насоса и плоских солнечных коллекторов (ГВС).**

Дополнительным источником энергии в конденсационных котлах служит утилизируемая энергия фазового перехода пара, содержащегося в продуктах реакции горения, в воду. При этом теоретически можно получить еще 6 и 11 % тепловой энергии, соответственно, при использовании жидкого и газообразного топлива. При этом конденсационный режим работы котла в значительной степени зависит от температурных параметров системы отопления. Чем ниже температура теплоносителя в обратном котловом контуре, тем более полно происходит конденсация пара, больше тепла будет утилизировано, выше КПД. При средних для зимнего периода температурах она по проектному расчету с учетом максимальной эффективности конденсационного режима не должна превышать 45 °С. Такие параметры обеспечиваются низкотемпературными системами отопления, в которых конденсационные котлы работают преимущественно в «штатном» для них режиме. А такой режим хорошо сочетается и с работой теплового насоса, которые также идеальны для использования в низкотемпературных системах отопления.

В системах отопления объединяющих несколько источников тепла и, в том числе, ВИЭ важное место занимает теплоаккумулятор (рис. 5), благодаря которому это накопленное тепло используется рационально. Установка буферного аккумулятора в поливалентных системах отопления, позволяет элиминировать колебания генерации и обеспечивать устойчивую работу оборудования при пиковых нагрузках.



**Рис. 4. Теплоаккумулятор в центре гибридной системы теплоснабжения с солнечными коллекторами и твердотопливным котлом.**

Кроме того, в системах ГВС, где используются тепловые насосы и солнечные коллекторы также важен накопительный водонагреватель косвенного нагрева. Использование его в системе ГВС практически делает горячую воду бесплатной для пользователя. Таким образом, бойлер косвенного нагрева становится по сути обязательной единицей любой гибридной системы теплоснабжения, без него утрачиваются такие достоинства этих систем, как экономичность и комфортность.

Существует много вариантов применения накопительных емкостей в поливалентных системах, в которых наряду с котлами, газовыми или твердотопливными, применяются альтернативные источники теплоснабжения, также многовариантны. При этом накопительные емкости, сопрягая разнотипные источники энергии, могут не только обеспечивать нужды ГВС или отопления, но и служить активным элементом гидравлической схемы и играть роль своего рода гидравлической стрелки, разделяющей и диспетчеризирующей разнопотенциальные тепловые потоки.

Очевидно, что такие различные функции и адаптация систем теплоснабжения к нуждам конкретных потребителей, применение различных типов альтернативных источников энергии, как непрерывной, так и погодо- сутко - и сезоннозависимой генерации (гелиоколлекторы, воздушные тепловые насосы и т.п.) требуют и использования бойлеров-аккумуляторов различных конструкций.

#### **Управление гибридными системами**

Обязательной и важнейшей составляющей эффективных решений гибридных систем теплоснабжения является единая электронная система управления, осуществляющая контроль за всеми звеньями и позволяющая в автоматическом режиме добиваться необходимого климатического комфорта на обслуживаемом объекте (типовой коттедж, квартира, офис, здание социального предназначения или промышленное предприятие) при максимальной энергоэффективности. Так называемое «интеллектуальное» или smart-управление. За счет smart-управления активизируется и контролируется работа оптимального источника энергии гибридной системы относительно внешних погодных условий, ее состояния и заданных параметров. Без интеллектуального управления невозможно эффективно и в то же время гибко регулировать систему, ведь она основывается на реальных показаниях датчиков, а не на встроенных графиках, не учитывающих условия конкретно взятого объекта теплоснабжения. Когда в проекте используется smart-управление,

необходимо только задать первоначальные настройки, а дальше интеллектуальная автоматика будет автоматически их поддерживать. В том числе, для работы гибридной установки в автоматическом режиме пользователь должен задать стоимость используемого топлива и электроэнергии, а также необходимую концепцию управления с точки зрения экономии и экологии.

Нами разработана (Рис.5.) и определены основные технико-экономические показатели гибридной системы теплоснабжения сельского дома в условиях г.Карши с полезной площадью 180 м<sup>2</sup> [4]. Использование солнечной энергии в системе горячего водоснабжения типового сельского дома обеспечивает экономию 2440-2449 кг у.т. в год, в результате расход тепловой энергии на горячее водоснабжение снижается на 65-70%.

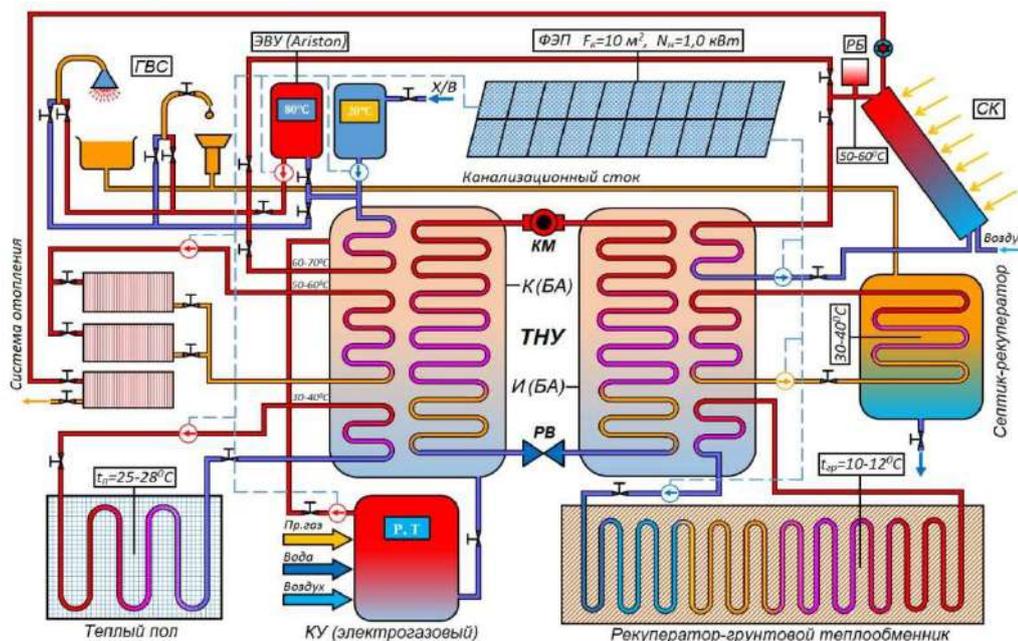


Рис.5. Схема гибридной системы теплоснабжения и ГВС.

Разработанная схема гибридной системы теплоснабжения и ГВС (рис. 5) включает:

- высокоэффективное котельное оборудование, использующее традиционные энергоносители (газ, дизельное топливо, электричество, уголь) и нетрадиционные энергоносители (биогаз, пирогаз, жидкое топливо), либо работающее на возобновляемом твердом топливе (древесина);
- тепловой насос (воздушный или геотермальный);
- теплый пол;
- рекуператор грунтовой-теплообменник;
- фотоэлектрические панели;
- комбинированной водо-воздушного гелиоколлектора;
- накопительный водонагреватель косвенного нагрева;
- отопительные приборы (радиаторы, конвекторы), тепловые панели, системы теплого пола, распределительные узлы, насосное оборудование, трубопроводы;
- общую систему управления.

Использование системы водяного теплого пола с солнечным коллектором в системах отопления типового дома позволяет покрыть 50-55% всей тепловой нагрузки на отопление в солнечные дни и обеспечивает экономию 3230-3236 кг у.т. за отопительный сезон за счет солнечной энергии, в результате расход тепловой энергии на систему водяного теплого пола снижается на 55-60%. Использование гибридной системы теплоснабжения на основе традиционной и солнечной энергии в типовом сельском доме обеспечивает экономию 11940-



11948 кг.у.т. за один отопительный сезон, в результате расход тепловой энергии в системе теплоснабжения снижается на 30-35%.

#### **Выводы:**

Гибридные системы теплоснабжения зданий и жилых домов на основе установок ВИЭ имеют следующие эффекты по сравнению с традиционными системами:

1. Повышенный КПД – оптимальное сочетание различных источников энергии повышает эффективность всей системы отопления.
2. Большой срок службы – работая в связке, компоненты распределяют нагрузку и увеличивают срок эксплуатации системы.
3. Альтернативная энергия – использование солнечных коллекторов и тепловых насосов позволяет сэкономить традиционную топливу.
4. Эффективное аккумулирование энергии, а также ее рациональное распределение в системах отопления и горячего водоснабжения.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 28.01.2022-yildagi “2022 — 2026 yillarga mo‘ljallangan yangi o‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son Farmoni.
2. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы ее развития. Под общей редакцией академика Салимова А.У. –Т.: “Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi”, 2021. 952 стр.
3. Zakhidov R.A., Tajiyev U.A., Kiseleva E.I., Saliev G.S., Gorobtsov S.I. On the Possibility of Sustainable Energy and Water Supply of Low-Rise Residential Buildings Located in Areas with an Arid Climate using Combined Wind and Solar Photovoltaic Power Complexes of Low Power. Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika) [this link is disabled](#), 2022, 58(1), pp. 159–164
4. Uzakov G., Khamraev S., Khuzhakulov S. Rural house heat supply system based on solar energy. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1030(1), 012167.