

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64>

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЭНЕРГИЕЙ  
ЗАГОРОДНОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРОВ

Научная статья

Рыбак В.А.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9585-2614;

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

\* Корреспондирующий автор (6774338[at]tut.by)

**Аннотация**

На сегодняшний день актуальными являются вопросы перевода частных домовладений на независимые и в то же время экологически дружелюбные источники энергии, включая солнечные панели и гелиоколлекторы. Вместе с тем пользователи стали задаваться вопросами оптимизации и автоматизации системы использования данных технологий, так как управление их режимами работы не всегда удобно осуществлять самостоятельно. Показана актуальность темы для условий Республики Беларусь. Описан имеющийся потенциал и существующие решения. Предложена новая запатентованная схема гелиоводонагревательной установки. Для управления всей системой энергоснабжения разработан аппаратно-программный комплекс, анализирующий данные от различных датчиков. В статье рассматриваются варианты программного обеспечения аппаратными комплексами, в рамках которого сегодня можно оперативно решать самые различные вопросы эксплуатации системы обеспечения энергией частных домовладений. В результатах и заключении представлено обоснование выбора необходимых технологий в системе энергопотребления, а также вариант их оптимизации в рамках использования для удалённых загородных домов.

**Ключевые слова:** солнечные панели, режимы работы гелиоколлекторов, аппаратно-программный комплекс, системы управления.

AUTOMATED COMPLEX FOR MANAGING ENERGY SUPPLY TO A COUNTRY HOUSE USING SOLAR  
COLLECTORS

Research article

Rybak V.A.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9585-2614;

<sup>1</sup> Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

\* Corresponding author (6774338[at]tut.by)

**Abstract**

Today, the issues of converting private households to independent and at the same time environmentally friendly energy sources, including solar panels and solar collectors, are relevant. At the same time, users have begun to ask questions of optimization and automation of the system of using these technologies, as it is not always convenient to manage their modes of operation independently. The relevance of the topic for the conditions of the Republic of Belarus is shown. The available potential and existing solutions are described. A new patented scheme of solar water-heating installation is offered. A hardware-software complex analysing data from various sensors is developed to control the whole energy supply system. In the article, the variants of software hardware complexes are considered, within the framework of which today it is possible to solve operatively the most various questions of operation of the system of energy supply of private households. The results and conclusion present the substantiation of the choice of necessary technologies in the system of energy consumption, as well as the option of their optimization within the framework of their use for remote country houses.

**Keywords:** solar panels, operation modes of solar collectors, hardware and software complex, control systems.

**Введение**

В настоящее время, несмотря на бурное развитие технологий, всё ещё существуют случаи удалённых домов, куда прокладка линий электропередач и тепловой энергии представляется либо невозможной, либо экономически нецелесообразной. Для примера можно представить горную или лесную местность, заболоченные территории, острова.

Для обеспечения энергией в подобных случаях предлагается использовать природные, возобновляемые источники – такие как ветер и солнце. При этом солнечную энергию при помощи гелиоводокolleкторов можно преобразовывать в тепловую, а с использованием солнечных батарей – в электрическую. Подобный подход, очевидно, требует специальной системы управления, которая может быть реализована в виде аппаратно-программного комплекса.

В настоящее время уделяется большое внимание вопросам «зелёной» экономики, что оказывает непосредственное влияние на технические решения, включая системы энергообеспечения. Использование солнечных панелей и гелиоколлекторов при надлежащем автоматическом управлении позволяет существенно повысить эффективность их применения.

На сегодняшний день на рынке представлен широкий спектр вариантов программного обеспечения. Поэтому крайне важно перед реализацией проекта оценить различных поставщиков на основе их репутации, предлагаемых ими

функций, поддержки клиентов и отзывов пользователей. Кроме того, многие разработчики предоставляют бесплатные демонстрационные или пробные версии, чтобы получить практический опыт работы с программным обеспечением.

Если опираться на опыт Российской Федерации, то за последние годы разработчики активно поддерживались правительством, что привело к росту конкурентоспособных программ и установок, которые применяются как в Союзном государстве, так и в странах ближнего зарубежья. Но зарубежные страны также занимаются оптимизацией в данном направлении, что формирует здоровую конкуренцию и позволяет клиентам выбирать оптимальные системы управления [1], [2].

Все это актуализирует представленную тему и говорит о необходимости рассмотрения вариантов организации и выбора аппаратно-программного комплекса (АПК) управления энергетическими установками.

Цель работы – спроектировать систему программного комплекса управления режимами работы таких источников энергии как солнечные панели с возможностью переключения режимов гелиоколлекторов, а также реализации аккумуляции и использования электроэнергии в гелиоколлекторе.

В данной работе также представлен сравнительный анализ передовых аппаратно-программных комплексов, проведён обзор литературы, проанализированы положительные и отрицательные стороны передовых разработок, представлен проект оптимального внедрения АПК в частное домовладение, позволяющий автоматизировать процесс управления режимами работы солнечных панелей и гелиоколлекторов.

### **Актуальность исследований**

Вопросами использования возобновляемых источников энергии занимались многие исследователи. Так, например, А.В. Приймак в своей кандидатской диссертации в 1990 году описывал разработку рациональных, экологически чистых систем воздушного теплоснабжения, обладающих тепловой эффективностью за счёт использования солнечной энергии и вторичных энергоресурсов и воздушного коллектора солнечной энергии матричного типа с высокими теплотехническими характеристиками [3].

Можно согласиться с утверждением выше указанного автора о том, что основной причиной препятствующей широкому использованию солнечной энергии для нужд теплоснабжения, является отсутствие высокоэффективного сравнительно дешёвого гелиотехнического оборудования.

В работе [4] М.А. Рутковский решает проблему разработки методик инженерного расчёта для гелиосистем теплоснабжения жилых домов: «пассивного» устройства отопления здания в виде гелиосистемы воздушного отопления с естественной циркуляцией и гелиосистем горячего водоснабжения с естественной и насосной циркуляцией теплоносителя.

В результате выполненных исследований М.А. Рутковскому удалось предложить: физическую модель процесса пассивного использования солнечной энергии для нужд теплоснабжения жилых домов в Республике Беларусь, комплекс определяющих параметров для расчёта КПД гелиоколлекторов, схемы гелиосистем теплоснабжения жилых домов для климатических условий и эксплуатационных особенностей в Республике Беларусь, которые позволили стабильно работать с незначительными эксплуатационными затратами.

Отмечено, что гелиосистема горячего водоснабжения состоит из гелиоколлектора, аккумулятора теплоты, системы потребления и может иметь естественную или насосную циркуляцию. Применяют гелиоколлекторы плоские и вакуумированные трубчатые. Плоские гелиоколлекторы по схеме «арфа» применяют при естественной циркуляции, а по схеме «меандр» – при насосной циркуляции ввиду их высокого гидравлического сопротивления [4].

На схеме рисунка 1 показана предложенная М.А. Рутковским [4] для эксплуатационных условий Беларуси гелиосистема горячего водоснабжения, впервые реализованная при проектировании и возведении в г. Могилеве энергоэффективного демонстрационного десятиэтажного жилого дома в рамках Проекта Программы развития ООН и Глобального экологического фонда «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь».

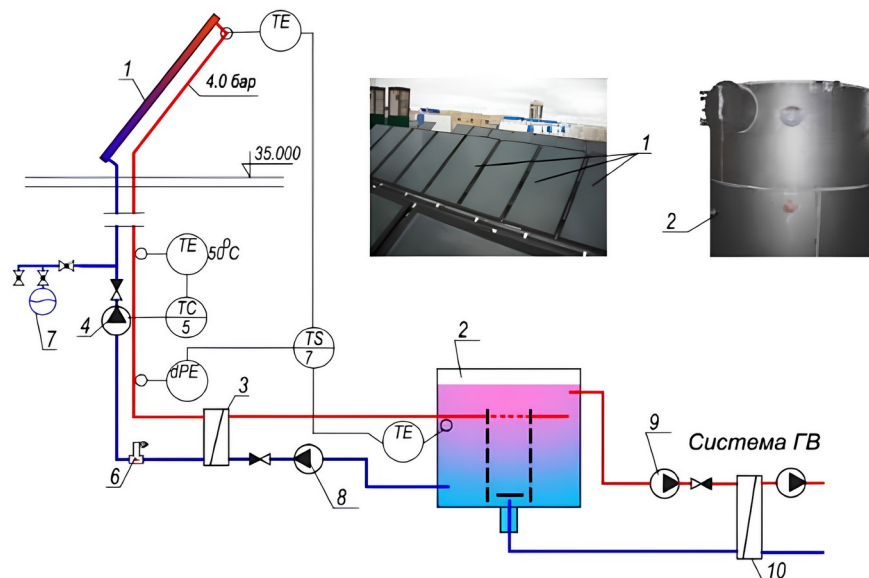


Рисунок 1 - Схема крупногабаритной гелиосистемы горячего водоснабжения для эксплуатационных условий Беларуси  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.1>

*Примечание:* 1 – два контура гелиоколлекторов общей площадью 413 м<sup>2</sup> (всего 232 шт.); 2 – буферный бак-аккумулятор объемом 14,2 м<sup>3</sup> с функцией расширительного бака с температурным расслоением по его высоте, работающий под атмосферным давлением; 3 – скоростной теплообменник между гелиоконтуром и теплоносителем бака-аккумулятора; 4 – насос с плавным изменением частоты вращения под действием электронного регулятора; 5, 6 – воздушный фланцевый сепаратор; 7 – мембранный расширительный бак и система автоматической подпитки; 8, 9 – циркуляционные насосы контуров теплоносителя бака-аккумулятора; 10 – скоростной теплообменник между контуром теплоносителя бака-аккумулятора и системой горячего водоснабжения

В своих исследованиях, результаты которых представлены ниже, мы также предложили гелиоводокolleктор для обеспечения тепловой энергией загородного дома.

Заканчивая краткое обоснование актуальности данного направления, обратимся к работе [5], в которой Г.Г. Камлюк изложил своё видение гелиоэнергетических ресурсов и перспектив развития гелиоэнергетики в Республике Беларусь. При этом из солнечной энергии, приходящей на каждый квадратный метр земной поверхности, можно получить в среднем около 1050 кВт/ч в год, что соответствует ежегодному потреблению электроэнергии одним человеком.

Приход суммарной солнечной радиации в виде накопленных в течение года сумм на территории Республики Беларусь находится в пределах от 3800 МДж/м<sup>2</sup> по северо-востоку страны до 4100 МДж/м<sup>2</sup> и выше – по северо-западу, югу и юго-востоку.

Продолжительность солнечного сияния, по данным Республиканского гидрометеоцентра, составляет от 1730-1750 ч в Гродненской до 1855-1870 ч в Гомельской областях в год.

В статье [5] отмечается, что для Республики Беларусь целесообразны три варианта использования солнечной энергии: для целей горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных коллекторов, для строительства домов на принципах «солнечной архитектуры», для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок.

Таким образом, тема использования солнечной энергии для выработки тепловой и электрической энергии достаточно актуальна.

### **Разработка усовершенствованной гелиоводонагревательной установки**

Для решения поставленных нами задач (в частности, для обеспечения удалённого загородного дома тепловой энергией) был проведён патентный поиск и предложена новая конструкция, имеющая отличительные особенности.

Предлагаемое техническое решение относится к гелиоводонагревательным установкам, которые осуществляют нагрев холодной воды солнечной энергией, преобразованной установками в теплоту.

Известна конструкция гелиоводонагревательной установки [6], которая содержит насос, плоский гелиоколлектор и бак-аккумулятор горячей воды, который входом холодной воды подключен к водопроводу холодной воды, а к его выходу горячей воды подключены потребители горячей воды, при этом выход холодной воды бака-аккумулятора горячей воды через насос и плоский гелиоколлектор присоединен к его входу горячей воды.

Эта гелиоводонагревательная установка работает следующим образом. Насос забирает из нижней зоны бака-аккумулятора горячей воды холодную воду и подает её через плоский гелиоколлектор и вход горячей воды этого бака обратно в бак-аккумулятор горячей воды. При движении холодной воды по трубам плоского гелиоколлектора она нагревается теплотой, в которую преобразует плоский гелиоколлектор падающее на него солнечное излучение.

К недостатку этой гелиоводонагревательной установки следует отнести пониженную эффективность работы.

Пониженная эффективность работы гелиоводонагревательной установки обусловлена большими потерями теплоты плоским гелиоколлектором в окружающую среду, в результате чего увеличивается время нагрева воды до нормируемой температуры ( $+60^{\circ}\text{C}$ ), содержащейся в баке-аккумуляторе горячей воды.

Ближайшей по конструкции к заявляемой конструкции гелиоводонагревательной установки является гелиоводонагревательная установка, обладающая большей эффективностью работы [7].

Эта гелиоводонагревательная установка содержит насос, вакуумный гелиоколлектор и бак-аккумулятор горячей воды, который входом холодной воды подключен к водопроводу холодной воды, а к его выходу горячей воды подключены потребители горячей воды, при этом выход холодной воды бака-аккумулятора через вакуумный насос и гелиоколлектор присоединен к его входу горячей воды.

Эта гелиоводонагревательная установка работает следующим образом. Насос забирает холодную воду из нижней зоны бака-аккумулятора горячей воды и через вакуумный насос и гелиоколлектор подает её обратно в бак-аккумулятор горячей воды. При движении холодной воды по теплопередающим трубам с черными покрытиями, которые расположены соосно и с кольцевыми зазорами внутри вакуумных светопрозрачных стеклянных труб, она нагревается теплотой, в которую преобразуют с черными покрытиями теплопроводящие трубы, падающее на них через вакуумные светопрозрачные стеклянные трубы солнечное излучение. Гелиоводонагревательная установка обладает высокой эффективностью работы из-за малых потерь теплоты в наружную среду вакуумным гелиоколлектором. К недостатку гелиоводонагревательной установки следует отнести снижение эффективности работы в осенний период года.

Снижение эффективности работы гелиоводонагревательной установки в осенний период года обусловлено образованием на наружной поверхности вакуумных светопрозрачных стеклянных труб гелиоколлектора слоя снега-льда, в результате чего уменьшается величина солнечного излучения, падающего на черные поверхности теплопроводящих труб гелиоколлектора, и, следовательно, уменьшится тепловая мощность, вызывающая нагрев холодной воды, проходящей через вакуумный гелиоколлектор.

Технической задачей заявляемого изобретения гелиоводонагревательной установки является повышение эффективности её работы в осенний период года путем удаления слоя снега-льда, образующегося на наружных поверхностях светопрозрачных стеклянных труб вакуумного гелиоколлектора установки.

Поставленная техническая задача решается тем, что гелиоводонагревательная установка, содержащая насос, вакуумный гелиоколлектор и оборудованный электронагревателем бак – аккумулятор горячей воды, подключенный входом холодной воды к водопроводу холодной воды, к выходам горячей и холодной воды которого соответственно подключены потребители горячей воды и вход насоса, дополнительно снабжена проточным электроводонагревателем и краном с байпасом, при этом выход насоса через проточный электроводонагреватель, вакуумный гелиоколлектор и кран с байпасом присоединен ко входу горячей воды бака-аккумулятора горячей воды.

Сущность заявляемого изобретения гелиоводонагревательной установки поясняется следующими графическими изображениями:

на рис. 2 изображена функциональная схема гелиоводонагревательной установки;

на рис. 3 – конструкция вакуумного гелиоколлектора установки, вид сверху.

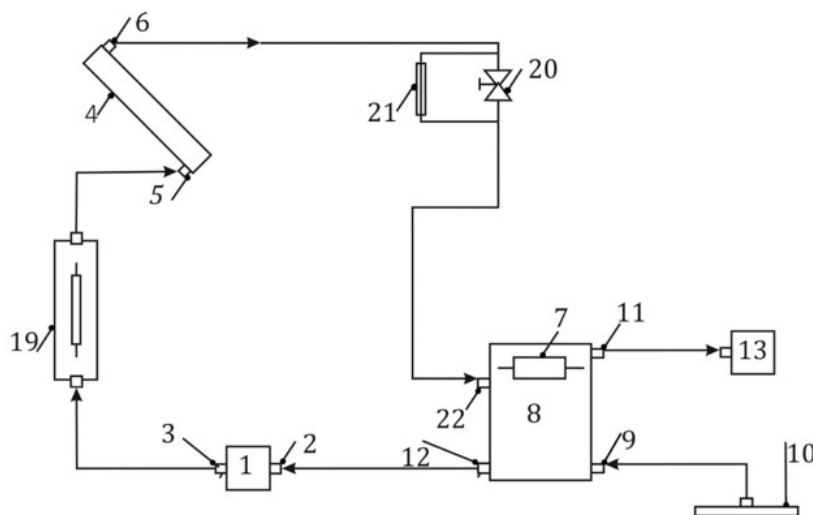


Рисунок 2 - Функциональная схема гелиоводонагревательной установки

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.2>

Заявляемая гелиоводонагревательная установка содержит: насос 1, оборудованный входом 2 и выходом 3 для холодной воды; вакуумный гелиоколлектор 4 со входом 5 и выходом 6 для холодной и горячей воды; оборудованный электронагревателем 7 бак-аккумулятор 8 горячей воды, подключенный выходом 9 холодной воды к водопроводу 10 холодной воды, к выходам 11, 12 горячей и холодной воды которого соответственно подключены потребители 13 горячей воды и входом 2 холодной воды насос 1.

Вакуумный гелиоколлектор 4 с входом 5 и выходом 6 для холодной и горячей воды (рис. 3), применяемый в гелиоводонагревательной установке, содержит высокопрочную раму 14, в которой расположены с черными

покрытиями теплопроводящие трубы 15, размещённые соосно и с кольцевыми зазорами внутри вакуумных светопрозрачных стеклянных труб 16 и присоединённые входами и выходами к распределительному и собирающему коллекторам 17, 18 холодной и горячей воды.

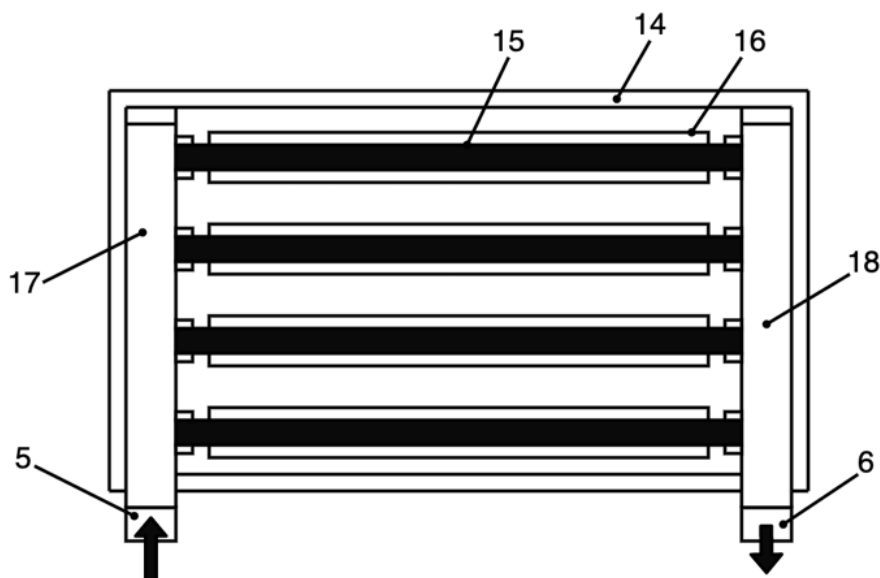


Рисунок 3 - Конструкция вакуумного гелиоколлектора установки, вид сверху  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.3>

Для повышения эффективности работы гелиоводонагревательной установки в осенний период года путем удаления снега-льда с наружных поверхностей светопрозрачных стеклянных труб 16 вакуумного гелиоколлектора 4 она дополнительно снабжена проточным электроводонагревателем 19 и краном 20 с байпасом 21, при этом выход 3 холодной воды насоса 1 через проточный электроводонагреватель 19, вакуумный гелиоколлектор 4 и кран 20 с байпасом 21 присоединен ко входу 22 горячей воды бака-аккумулятора 8 горячей воды.

Заявляемая гелиоводонагревательная установка работает следующим образом.

В теплый период года для нагрева холодной воды, находящейся в баке-аккумуляторе 8 горячей воды, при неработающем проточном электроводонагревателе 19 воды электронный блок управления вводит в работу насос 1, который забирает холодную воду из нижней зоны бака-аккумулятора 8 горячей воды и через проточный электроводонагреватель 19 воды, вакуумный гелиоколлектор 4, открытый кран 20 и байпас 21 подает её обратно в бак-аккумулятор 8 горячей воды.

При движении воды по теплопроводящим трубам 15 с черными покрытиями она нагревается теплотой, в которую преобразуют черные покрытия теплопроводящих труб 15, подающее на них солнечное излучение.

Так как с черными покрытиями теплопроводящие трубы 15 размещены соосно и с кольцевыми зазорами внутри вакуумных светопрозрачных стеклянных труб 16, то вакуумный гелиоколлектор имеет малые потери теплоты в окружающую среду и его КПД достигает 95%.

Если за дневное время гелиоводонагревательная установка не нагреет воду до  $+60^{\circ}\text{C}$ , то осуществляют дополнительный нагрев воды перед подачей её потребителям 13 при помощи электронагревателя 7.

В осенний период в ряде случаев на наружных поверхностях светопрозрачных стеклянных труб 16 образуется слой снега-льда из-за чего уменьшается эффективность работы гелиоводонагревательной установки, так как не всё солнечное излучение падает на черные поверхности теплопроводящих труб 15 и поэтому уменьшается нагрев воды, идущей по трубам 15.

Для удаления снега-льда со светопрозрачных стеклянных труб 16 закрывают кран 20 и подключают к электросети проточный электроводонагреватель 19. При этом с закрытием крана 20 уменьшается резко расход воды через теплопроводящие трубы 15 с черными покрытиями и проточный электроводонагреватель 19 нагревает проходящую через него воду до температуры  $90...95^{\circ}\text{C}$ . Вода с этой температурой поступает в теплопроводящие трубы 15. При движении этой горячей воды по теплопроводящим трубам 15 она отдает часть своей теплоты излучением через светопрозрачные стеклянные трубы 16 слою снега-льда, находящегося на наружных поверхностях этих труб, который преобразует тепловое излучение в тепловую энергию, которая и вызывает таяние слоя снега-льда.

После удаления слоя снега-льда с наружных поверхностей светопрозрачных стеклянных труб 16 вакуумного гелиоколлектора 4 прекращают работу проточного электроводонагревателя 19, открывают кран 20 и гелиоводонагревательная установка продолжает работу, как и в теплый период.

Таким образом, в процессе эксплуатации заявляемой гелиоводонагревательной установки происходит достижение поставленной технической задачи – повышение эффективности работы гелиоводонагревательной установки в осенний период года путем удаления слоя снега-льда с наружных поверхностей светопрозрачных стеклянных труб вакуумного гелиоколлектора за счёт снабжения установки проточным электроводонагревателем и краном с байпасом и

присоединения выхода холодной воды насоса через проточный электроводонагреватель, вакуумный гелиоколлектор и кран с байпасом ко входу горячей воды бака-аккумулятора горячей воды.

Для сопряжения предложенной установки гелиоводонагревателя с общей системой обеспечения загородного дома энергией нами предложена автоматизированная система, основой которой является микрокомпьютер Raspberry Pi, осуществляющий сбор и обработку сигналов от имеющихся датчиков.

К основным функциям системы управления относятся: корректировка углов наклона солнечных панелей (рисунок 4), регулировка давления в системе водоснабжения, переключение системы в режим энергосбережения и др.

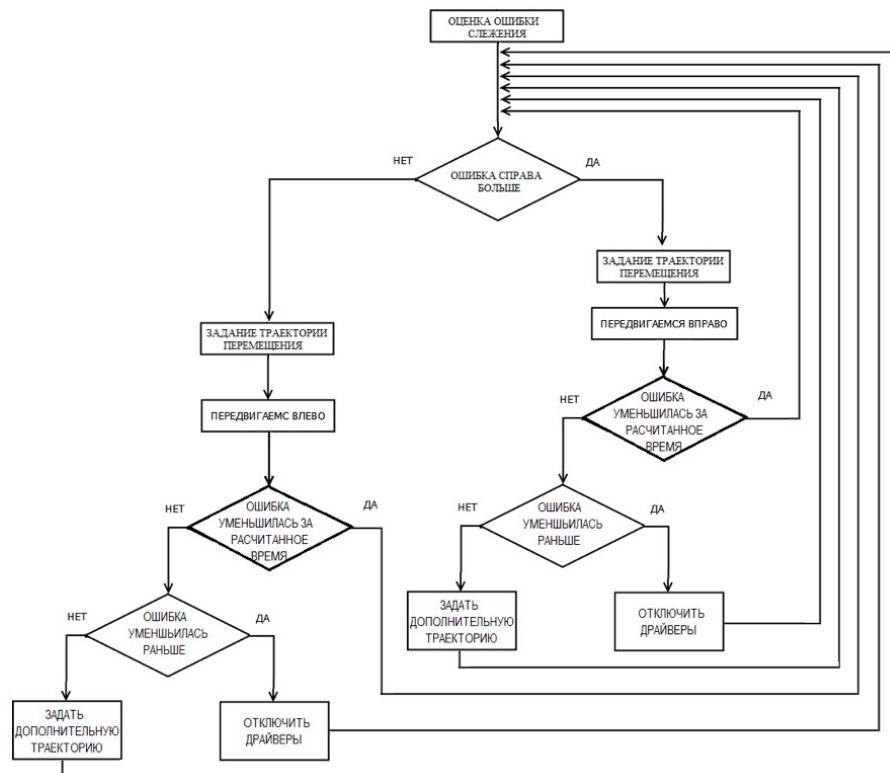


Рисунок 4 - Алгоритм коррекции траектории слежения

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.4>

На последующих этапах нами планируется использовать нейронные сети и теорию нечётких множеств для построения нейро-нечёткой модели управления, которая позволит частично учитывать неопределённость данных, и повысить эффективность функционирования всей системы энергоснабжения.

### Результаты исследований и их обсуждение

Солнечная электростанция коммунального масштаба может состоять из сотен и тысяч солнечных коллекторов. Для достижения высокой энергоэффективности операторам предприятий необходимо собирать и обрабатывать данные с многочисленных устройств, расположенных на удаленных объектах. Когда речь идет о централизованной работе контролирующих систем, то важной характеристикой, которой должен обладать АПК, является встроенный периферийный компьютер промышленного уровня для удаленного мониторинга, сбора и регистрации данных, а также преобразования протоколов данных. Кроме того, важны так же такие характеристики, как:

- низкое энергопотребление для максимизации электрической мощности солнечной электростанции;
- надежная работа в условиях наружной установки при высоких температурах;
- удаленный веб-мониторинг производительности солнечных батарей, нагрузки на аккумулятор и данных об окружающей среде от датчиков.

В то же время, перечисленные характеристики важны и для частного домовладения. Так, на сегодняшний день многие установщики предлагают внедрение программного обеспечения (ПО), которое позволит работать с поставщиками энергии не только в рамках контроля и удаленного мониторинга, но также и в системе индивидуального управления и регулирования АПК энергетическими установками. И, как ранее отмечалось, современный рынок предоставляет довольно много решений, которые способны регулировать работы солнечных батарей и коллекторов (табл. 1).

Таблица 1 - АПК управления энергетическими установками

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.5>

Название	Функции	Плюсы	Минусы
Мокса	Мониторинг и управление солнечной электростанцией рассчитанной, как на отдельное жилое помещение, так и на многоэтажный жилой дом	Наличие программного решение ThingsPro для сбора данных Modbus и преобразования протокола Modbus в MQTT позволяет контролировать яркость, работу подачи и распределения энергии, ее накопления в разные времена года и управлять инвертором удалённо	Электростанция коммунального масштаба будет контролироваться удаленно фирмой-поставщиком
DeltaSol и ее версии	Подача энергии для освещения и обогрева помещений	Меню содержит ясные и однозначные указания по эксплуатации АПК. Разнообразные датчики позволяют поворачивать панели, обращать их в нужную сторону, как в рамках запрограммированной системы, так и вручную	Установка требует вмешательства специалистов, что связано с большим количеством датчиков и аксессуаров, их ввода в работу и последующей эксплуатации. Такое сложное устройство так же потребует регулярного взаимодействия с компанией-установщиком
Oracle Utilities	Распределение системы АПК энергетических установок, предупреждение сбоев и аналитика данных	Наличие нескольких протоколов работы с клиентами, возможность реализации сложных задач передачи и обработки данных, экстренного реагирования и управления активами. Работает в режиме онлайн и локально	Визуальное предоставление отчета о неполадках доступно только устанавливающей компании
Retgen	Имеет разнообразную аналитику, что расширяет возможности профилактического обслуживания и полной интеграции с устройствами ИИ или ВЧ, что зависит от выбранной конфигурации	Для управления солнечными установками становится бесценным инструментом, так как позволяет использовать весь потенциал своих активов. Работа на ИИ позволяет электростанциям принимать решения на основе данных и способствовать развитию культуры	Больше подходит для коммунальных систем, но, при регулярном сотрудничестве с технической службой, возможно внедрение в частное домовладение

Название	Функции	Плюсы	Минусы
		постоянного совершенствования.	
ЭкоСтруктура	Управление системой распределения энергии, накопленной, возобновлённой, а также полученной из того или иного источника	Простое устройство системы сборки, установки и последующего сообщения с пользователями и контролирующими фирмами	Гибкая система, но больше подходит для крупных коммунальных систем
МПК H02J 3/32	Автоматическая ориентация панелей и батарей, накапливающих энергию от естественных источников (солнца)	Компактный, предоставляет максимальные мощности и возможности по получению энергии в разные времена года и время суток	Устаревшая версия (2006 года), из-за чего процесс вращения осуществляется благодаря вспомогательным системам и устройствам, что делает его энергозатратным
RU 216282 U1	Поддерживает ориентацию солнечных панелей, их передвижение (вращение), оптимальное накопление энергии и ее распределение	Хорошо применим к автономным, частным домовладениям, позволяет эффективно использовать энергоресурсы, распределять, накапливать и экономить в разные сезоны и разное время суток	Сложное техническое устройство

Примечание: источники [8], [9]

Безусловно, представленный в табл.1 перечень не завершён, что обусловлено широким выбором АПК и возможностями их использования. Но, последняя представленная система контроллера является одной из относительно недавно введённых в эксплуатацию (2023 год, патент зарегистрирован в 2022 году). И на сегодняшний день ряд российских компаний стремятся использовать данную автоматическую систему регулирования солнечными панелями, их мобильностью и эффективностью.

Однако режимы работы гелиоколлекторов, возможность аккумуляции и накопления электроэнергии, также являются значимыми в процессе автоматизации. Но многое зависит от выбора клиента и климатических условий, так как солнечные коллекторы разнообразны и перед покупкой необходимо соотнести возможности оптимального использования их функций (рис.1).

Как видно из представленных данных, оптимальным решением для частного домовладения являются трубчатые вакуумные коллекторы, которые будут работать в рамках системы RU 216282 U1. Но в систему АПК необходимо внести ряд данных, для произведения расчётов, которые лягут в основу контроля движения и эффективности работы солнечных систем сбора и распределения энергии. В частности, для того чтобы программа понимала, что необходимо изменять место ориентации, в алгоритме работы должны быть занесены данные об отклонениях в температуре, временных промежутках светового дня, а также необходимости охлаждения самой панели и вентиляции составных элементов [9], [10], [11].





Рисунок 5 - Виды современных гелиоколлекторов  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.6>

Примечание: источники [11], [12]

Для целей исследования можно использовать следующую формулу:

$$u(t) = \frac{K_p}{\text{csc } e(t)} + \frac{K_i}{\text{csc}/\ln 0 \rightarrow t} e(t) dt + \frac{K_d}{\text{csc}/\text{frac}\{de(t)/dt\}}$$

где:

$u(t)$  – выходной сигнал управления в момент времени  $(t)$ , при этом,  $K_p$  — пропорциональный результат, полученный автоматически при соотношении данных, заданных перед запуском аппарата, тогда,  $K_i$  – интегральный член, который выполняет функцию обработки внешнего/входного сигнала, а  $K_d$  – производная, то что получилось при сопоставлении новых данных, когда были внесены изменения в соответствие с внешними и входными данными. Самый важный показатель в данной операции –  $e(t)$ , так как он выдает наличие ошибки между желаемой температурой и измеренной в конкретный момент времени  $t$ . Последующее управление на основе накопленной ошибки с течением времени, осуществляется запущенным алгоритмом, так как полученные данные запускают процесс либо оборота, либо охлаждения, либо накапливания поступающей энергии (рис. 6).

Представленный на рис. 6 процесс начнётся, как только вся информация будет обработана. Так, коэффициенты усиления ( $K_p$ ,  $K_i$  и  $K_d$ ) в приведенном выше уравнении определяются путем настройки для достижения оптимальных характеристик управления для конкретной системы солнечных батарей. Процесс настройки включает в себя регулировку коэффициентов усиления для минимизации временных затрат на установление и настройку на обнаруженную ошибку. Но выбор оптимального оборудования для конкретного климата будет играть определяющую роль в работе всей системы.

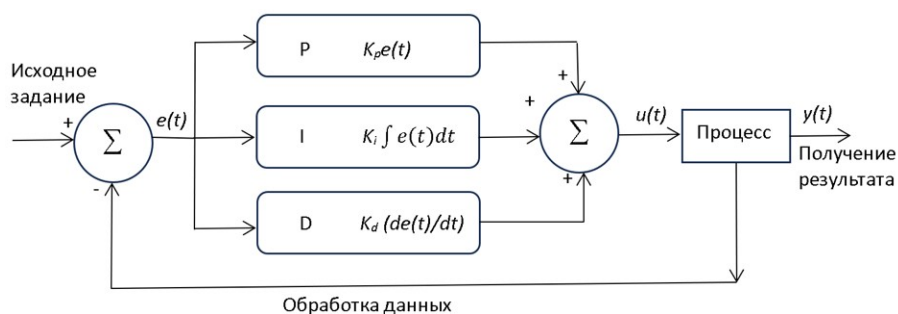


Рисунок 6 - Схема работы АПК управления энергетической установкой  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.7>

В части использования гелиоколлекторов разработаны и запатентованы несколько новых решений, суть которых заключается в конструктивных изменениях, позволяющих существенно повысить эффективность их применения [13]. При этом управление режимами работы также осуществляется аппаратно-программным комплексом.

В целом, предложенный выше алгоритм будет подходить для разных программ и солнечных установок, но при выборе конфигурации необходимо задавать температурные данные (максимальные и желаемые), что обеспечит быструю обработку и выдачу ошибки в данный момент времени. Данные полученные в результате обработки ошибки приведут к началу действий установки. По факту, такая работа контроллера основывается на прогнозируемом техническом обслуживании, которое обеспечивается внедренным искусственным интеллектом или вычислительной системой.

В зависимости от выбора АПК пользователь получает не только возможность регулирования и управления, но также предупреждения отказов оборудования и обеспечения своевременной передачи данных в службы, обеспечивающие техническое обслуживание.

Таким образом, выбор и внедрение правильного программного обеспечения для управления установками жизненно важны для современных энергетических установок. Следуя передовому опыту и уделяя особое внимание постоянному совершенствованию, отечественные разработки в системе АПК энергетическими установками могут максимизировать эффективность, обеспечить соблюдение требований и оставаться конкурентоспособными на мировом рынке.

### Заключение

В данной работе были проанализированы наиболее популярные модели, распространённые как в Союзном государстве, так и в зарубежных странах. При этом рассмотренные модели подходят как для частного домовладения, так и для больших коммунальных систем.

При проектировании аппаратно-программного комплекса для управления режимами работы солнечных панелей и гелиоколлекторов учитывались также затраты на внедрение, которые включают лицензирование ПО, интеграцию АПК, обучение и текущее обслуживание. Эти затраты должны быть тщательно оценены в сравнении с бюджетом и финансовыми целями.

Подводя итог можно сказать, что внедрение ПО для управления установками на солнечных электростанциях – это преобразующий шаг, который повышает эксплуатационную эффективность, снижает затраты и обеспечивает соблюдение нормативных требований. Применяя современные технологии, такие как искусственный интеллект и прогнозирующую аналитику, электростанции могут значительно улучшить производительность систем подачи, накопления и распределения энергии и адаптироваться к меняющемуся энергетическому ландшафту. Применение предложенного решения позволяет организовать обеспечение удалённых домов, куда прокладка коммуникаций экономически нецелесообразна, тепловой и электрической энергией.

По результатам проведённых исследований было показано, что тема разработки и использования гелиоколлекторов достаточно актуальна для Республики Беларусь. Несмотря на наличие уже внедрённых решений, вопрос обеспечения удалённых домов тепловой и электрической энергией остаётся открытым.

Нами предложена и запатентована новая схема гелиоводокolleктора, отличающаяся повышенной эффективностью в реальных погодных условиях нашей страны [14].

Для управления снабжением загородного дома тепловой и электрической энергией разработан аппаратно-программный комплекс, который в автоматическом режиме корректирует наклон осей солнечных панелей, регулирует давление в системе водоснабжения и др.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Пикулев А.Н., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.8>

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

Pikulev A.N., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.64.8>

### Список литературы / References

1. Кунелбаев М.М. Разработка дистанционного мониторинга для систем солнечного теплоснабжения / М.М. Кунелбаев // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. — 2021. — Т. 21. — № 1. — С. 90–98. — DOI: 10.14529/power210110. — EDN TUCHIH.
2. Muhiki Y. Automatic solar generation control system / Y. Muhiki, P. Kabarokole // Automatic Control. — 2019. — № 15. — P. 57–88.
3. Приймак А.В. Гелиосистема теплоснабжения с воздушным коллектором солнечной энергии матричного типа : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03 / А.В. Приймак. — Киев, 1990. — 10 с.
4. Рутковский М.А. Гелиосистемы теплоснабжения жилых зданий в условиях Беларуси : автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.А. Рутковский. — Минск, 2017. — 24 с.
5. Камлюк Г.Г. Гелиоэнергетические ресурсы и перспективы развития гелиоэнергетики в Республике Беларусь / Г.Г. Камлюк // Энергетическая стратегия. — 2012. — № 6 (30). — С. 35–37.

6. Аvezов Р.Р. Системы солнечного тепло-хладоснабжения / Р.Р. Аvezов, М.А. Барский-Зорин, И.М. Васильева [и др.]. — Москва : Стройиздат, 1990. — С. 71–80.
7. Системы подогрева воды в системе горячего водоснабжения при помощи солнечной энергии. Практический опыт / под общ. ред. Н.А. Шониной // Сантехника. — 2015. — № 3–4.
8. Кулдашов О.Х. Автоматизированная система мониторинга температуры рабочей поверхности солнечных панелей / О.Х. Кулдашов, У.Ж. Нигматов // Автоматика и программная техника. — 2021. — № 3 (37). — С. 108–111. — EDN YESDGE.
9. Кунелбаев М.М. Численное моделирование для анализа параметров эффективности нового типа плоского солнечного коллектора / М.М. Кунелбаев // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. — 2020. — Т. 20. — № 4. — С. 77–85. — DOI: 10.14529/power200409. — EDN VCQPUQ.
10. Амиргалиев Е.Н. Разработка автоматизированного контроллера управления для системы солнечного теплоснабжения / Е.Н. Амиргалиев, М.М. Кунелбаев, Т.Р. Сундетов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. — 2021. — Т. 21. — № 3. — С. 83–90. — DOI: 10.14529/power210310. — EDN UUMSSM.
11. Омаров Р.А. Результаты исследований двухконтурной гелиоустановки с термосифонной циркуляцией в зимний период / Р.А. Омаров, М.М. Кунелбаев, Д.Р. Омаров // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. — 2021. — Т. 21. — № 4. — С. 66–72. — DOI: 10.14529/power210408. — EDN YNQCZK.
12. Васильев Л.Л. Гелиосистема отопления с двухфазной многокомпонентной жидкостью / Л.Л. Васильев, Д.Х. Харлампи, В.А. Тарасова [и др.] // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. — 2019. — № 1 (76). — С. 56–63. — EDN OZQSSD.
13. Рыбак В.А. Аппаратно-программный комплекс управления системой получения электрической и тепловой энергии для загородного дома / В.А. Рыбак, И.М. Римарев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2022. — № 9. — С. 125–131. — DOI: 10.37882/2223-2966.2022.09.29. — EDN INIQD.
14. Рыбак В.А. Гелиоводонагревательная установка : пат. ВУ 23792 / В.А. Рыбак, И.М. Римарев, Аль-Аркаузи Али. — опубл. 31.05.2022.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Kunelbayev M.M. Razrabotka distantsionnogo monitoringa dlya sistem solnechnogo teplosnabzheniya [Development of remote monitoring for solar heating systems] / M.M. Kunelbayev // Vestnik YuUrGU. Seriya: Energetika [Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy]. — 2021. — Vol. 21. — № 1. — P. 90–98. — DOI: 10.14529/power210110. — EDN TUCHIH. [in Russian]
2. Muhiki Y. Automatic solar generation control system / Y. Muhiki, P. Kabarakole // Automatic Control. — 2019. — № 15. — P. 57–88.
3. Priymak A.V. Geliosistema teplosnabzheniya s vozdushnym kollektorom solnechnoy energii matrichnogo tipa [Solar heating system with a matrix-type solar air collector]: abst. diss. ... PhD in Technical Sciences : 05.23.03 / A.V. Priymak. — Kyiv, 1990. — 10 p. [in Russian]
4. Rutkovsky M.A. Geliosistemy teplosnabzheniya zhilykh zdaniy v usloviyakh Belarusi [Solar Systems for Residential Buildings in Accordance with Operating Conditions of the Republic of Belarus]: abst. of dis. ... of PhD in Engineering / M.A. Rutkovsky. — Minsk, 2017. — 24 p. [in Russian]
5. Kamlyuk G.G. Gelioenergeticheskie resursy i perspektivy razvitiya gelioenergetiki v Respublike Belarus' [Solar energy resources and prospects for the development of solar energy in the Republic of Belaru] / G.G. Kamlyuk // Energeticheskaya strategiya [Energy Strategy]. — 2012. — № 6 (30). — P. 35–37. [in Russian]
6. Avezov R.R. Sistemy solnechnogo teplo-khladosnabzheniya [Solar heating and cooling systems] / R.R. Avezov, M.A. Barsky-Zorin, I.M. Vasilyeva [et al.]. — Moscow : Stroyizdat, 1990. — P. 71–80. [in Russian]
7. Sistemy podogreva vody v sisteme goryachego vodospnabzheniya pri pomoshchi solnechnoy energii. Prakticheskij opyt [Water heating systems in hot water supply systems using solar energy. Practical experience] / ed. by N.A. Shonina // Santekhnika [Plumbing]. — 2015. — № 3–4. [in Russian]
8. Kuldashov O.Kh. Avtomatizirovannaya sistema monitoringa temperatury rabochey poverkhnosti solnechnykh paneley [Automated surface temperature monitoring system for solar panels] / O.Kh. Kuldashov, U.Zh. Nigmatov // Avtomatika i programmaya tekhnika [Automation and Software Engineering]. — 2021. — № 3 (37). — P. 108–111. — EDN YESDGE. [in Russian]
9. Kunelbayev M.M. Chislennoe modelirovanie dlya analiza parametrov effektivnosti novogo tipa ploskogo solnechnogo kollektora [Numerical simulations for analyzing the efficiency parameters of a new type of flat-plate solar collectors] / M.M. Kunelbayev // Vestnik YuUrGU. Seriya: Energetika [Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy]. — 2020. — Vol. 20. — № 4. — P. 77–85. — DOI: 10.14529/power200409. — EDN VCQPUQ. [in Russian]
10. Amirgaliyev E.N. Razrabotka avtomatizirovannogo kontrollera upravleniya dlya sistemy solnechnogo teplosnabzheniya [Developing an automated controller for a solar heating system] / E.N. Amirgaliyev, M.M. Kunelbayev, T.R. Sundetov // Vestnik YuUrGU. Seriya: Energetika [Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy]. — 2021. — Vol. 21. — № 3. — P. 83–90. — DOI: 10.14529/power210310. — EDN UUMSSM. [in Russian]
11. Omarov R.A. Rezul'taty issledovaniy dvukhkонтурной gelioustanovki s termosifonnoy tsirkulyatsiey v zimniy period [Results of studies of a two-circuit solar installation with thermosiphon circulation in winter] / R.A. Omarov, M.M. Kunelbayev, D.R. Omarov // Vestnik YuUrGU. Seriya: Energetika [Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy]. — 2021. — Vol. 21. — № 4. — P. 66–72. — DOI: 10.14529/power210408. — EDN YNQCZK. [in Russian]
12. Vasiliev L.L. Geliosistema otopleniya s dvukhfaznoy mnogokomponentnoy zhidkost'yu [Solar heating system with two-phase multicomponent liquid] / L.L. Vasiliev, D.Kh. Kharlampidi, V.A. Tarasova [et al.] // Vestnik GGTU im. P.O.

Sukhogo [Bulletin of the Sukhoi State Technical University of Gomel]. — 2019. — № 1 (76). — P. 56–63. — EDN OZQSSD. [in Russian]

13. Rybak V.A. Apparato-programmnyy kompleks upravleniya sistemoy polucheniya elektricheskoy i teplovoy energii dlya zagorodnogo doma [Hardware-software complex for controlling the system for generating electrical and thermal energy for a country house] / V.A. Rybak, I.M. Rimarev // *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Modern Science: Current Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences]. — 2022. — № 9. — P. 125–131. – DOI: 10.37882/2223-2966.2022.09.29. — EDN INIIQD. [in Russian]

14. Rybak V.A. Geliovodonagrevatel'naya ustanovka [Solar water heating system]: pat. BY 23792 / V.A. Rybak, I.M. Rimarev, Al-Arkauazi Ali. — publ. 31.05.2022. [in Russian]