

УДК 004.9:620.92  
ББК 32.373  
Б 94

### **Бучацкий Павел Юрьевич**

*Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 593911, e-mail: buch@adygnet.ru*

### **Шопин Андрей Викторович**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 593770, e-mail: ashop@adygnet.ru*

## **Модернизация системы электро- и теплоснабжения автономного потребителя с использованием возобновляемых источников энергии**

*(Рецензирована)*

**Аннотация.** Рассмотрен вариант модернизации системы электро- и теплоснабжения автономного потребителя с использованием возобновляемых источников энергии. Для максимального технико-экономического эффекта от применения возобновляемых источников энергии предлагается комплексное использование солнечной и ветровой энергии, а также оптимизация автономного энергетического комплекса как по структуре, так и по техническому обеспечению.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечный коллектор, автономный энергокомплекс, ветрогенератор, солнечные батареи, система управления.

### **Buchatskiy Pavel Yuryevich,**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Automated Systems of Processing Information and Control at Engineering-Physics Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 593911, e-mail: butch\_p99@mail.ru*

### **Shopin Andrey Viktorovich**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Automated Systems of Processing Information and Control at Engineering-Physics Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 593770, e-mail: ashop@qip.ru*

## **Modernization of power and heat supply system of individual consumer with the use of renewable energy sources**

**Abstract.** The paper discusses the variant of modernization of the power and heat supply system of individual consumer with the use of renewable energy sources. In order to obtain the maximum technical and economic effect from the use of renewable energy sources we offer a complex application of solar and wind energy, as well as optimization of autonomous energy complex both in structure and technical maintenance.

**Keyword:** renewable energy sources, solar collector, autonomous energy complex, wind generator, solar batteries, system of control.

В настоящее время одним из перспективных направлений развития энергетики является использование возобновляемой энергии для выработки тепловой и электроэнергии. Наиболее привлекательны такие источники энергии, как ветер, вода и Солнце.

Энергетические комплексы с возобновляемыми источниками энергии (ЭК с ВИЭ) особенно могут быть востребованы в районах, удаленных от линий электропередач. Таким районом является Лагонакское нагорье – плато на Западном Кавказе, расположенное на высоте до 2200 метров.

На территории плато расположены объекты поисково-спасательного отряда (ПСО) «Лаго-Наки» республиканской поисково-спасательной службы МЧС России (рис. 1).

Жилые и подсобные помещения ПСО оборудованы сетью переменного тока 220 В и сетью постоянного тока на 12 В. Агрегат переменного тока АД-5 и подведенная от турбазы «Лаго-Наки» электрическая сеть обеспечивают ПСО переменным током 220 В и мощностью не более 5 кВт/ч. Коммутация электрических сетей от АД-5 и от турбазы, а также их защита от перегрузок осуществляется в помещении дизельной.

На площади цокольного этажа жилого дома расположены зарядные устройства и две

аккумуляторные батареи на 12 В, а также электрокоммутационный шкаф, обеспечивающий распределение электроэнергии по фазам и защиту электросетей жилого дома от перегрузок в сети переменного тока 220 В.

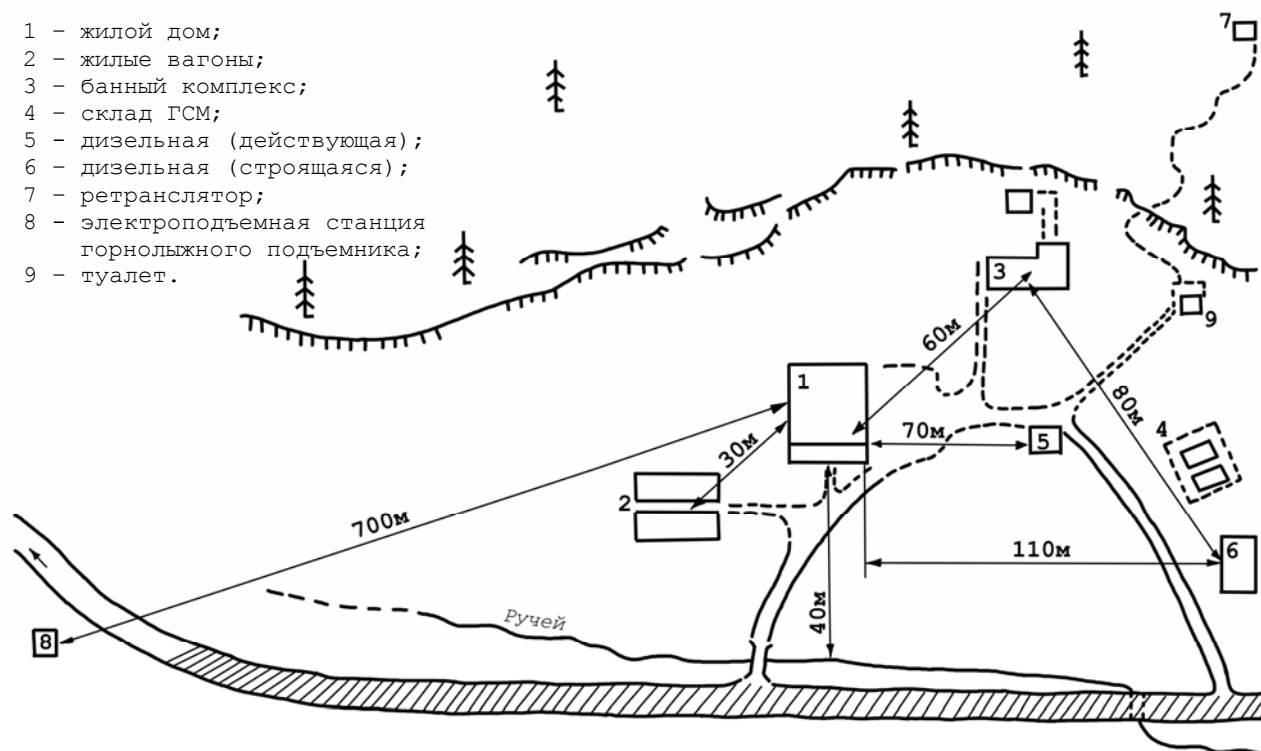


Рис. 1 Схема размещения объектов на ПСО «Лаго-Наки»

Первая аккумуляторная батарея представляет собой кислотный аккумулятор на 350 А/ч, находящийся в эксплуатации более 10 лет. Вторая – аккумулятор АСТ-90 на 90 А/ч, находящийся в эксплуатации 1 год.

Зарядка аккумуляторных батарей производится двумя зарядными устройствами при наличии напряжения в сети переменного тока 220 В, а также в период солнцестояния – от двух секций солнечных батарей, каждая из которых мощностью не менее 60 Вт.

Таким образом, в течение светового времени солнечные батареи вырабатывают до 1,2 кВт электроэнергии по постоянному току.

Расчетная потребляемая мощность объектов ПСО составляет:

- по переменному току: максимальная – 10 кВт, средняя – 5 кВт;
- по постоянному току максимальная – 18 кВт, средняя – 9 кВт.

На удалении 700 м от ПСО расположена электроприводная станция горнолыжного подъемника с трехфазной сетью электропитания переменным током. Расчетная потребляемая мощность – 11 кВт.

На территории ПСО размещается ретранслятор УКВ-радиосвязи, обеспеченный автономным источником питания постоянного тока, который представляет собой батарею щелочных аккумуляторов ТНЖ-250 на 250 А/ч. Подзарядка аккумуляторов осуществляется с помощью солнечных батарей из 3-х секций по 33 Вт каждая.

Производится ежедневная регистрация (не менее 8 раз в день) следующих метеопараметров: видимость, облачность, температура воздуха, влажность, скорость и направление ветра, высота снежного покрова, количество осадков, опасные метеоявления. Данные метеосводок фиксируются с 1993 года.

Для обеспечения потребностей в электроэнергии предлагается модернизировать существующую систему электроснабжения, включив в нее ветрогенератор и добавив дополнительную солнечную батарею.

Рассчитана годовая выработка электроэнергии ветроустановкой (тип ВЭУ-ЛМВ-500),

которая составила 4380 кВт·ч. Среднегодовая обеспеченность электроэнергией объектов ПСО составляет 75%, что свидетельствует о целесообразности использования ВЭУ в данном районе.

Также произведены расчеты по выработке электроэнергии солнечной батареей, состоящей из 3-х солнечных модулей (тип PSM4-150 на кремниевых монокристаллических солнечных элементах) на площадке, расположенной под углом к горизонту для заданного месяца (июль), которые составили 68,8 кВт·ч.

Для теплообеспечения помещений ПСО предлагается использовать солнечный коллектор, описание установки которого подробно рассмотрено в работе [1] (рис. 2, 3).

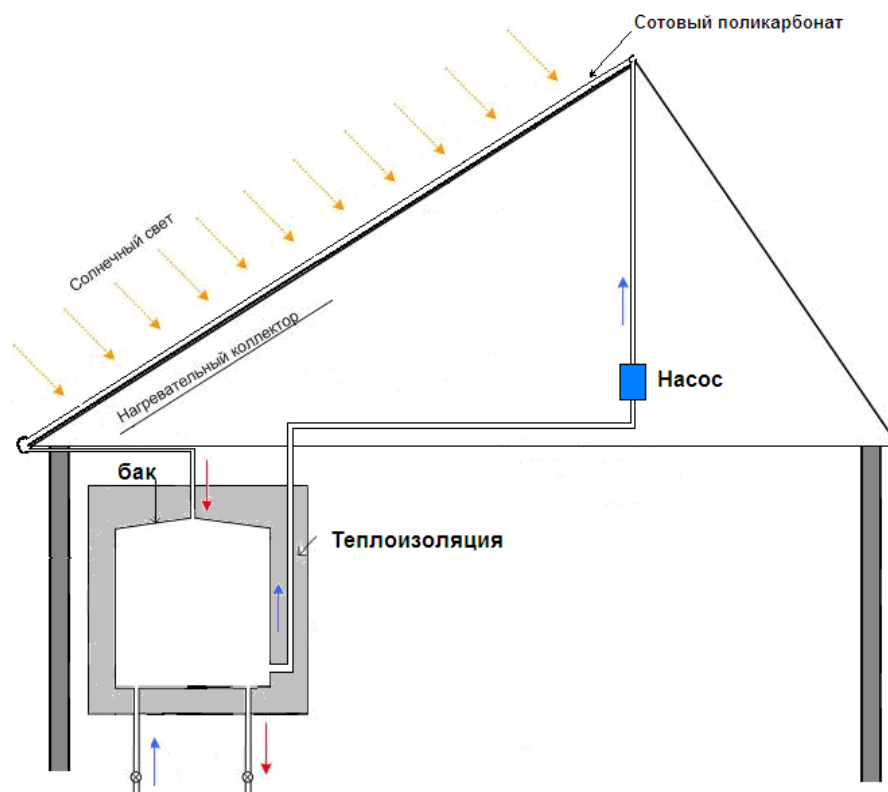


Рис. 2. Схема предлагаемой установки для нагрева воды

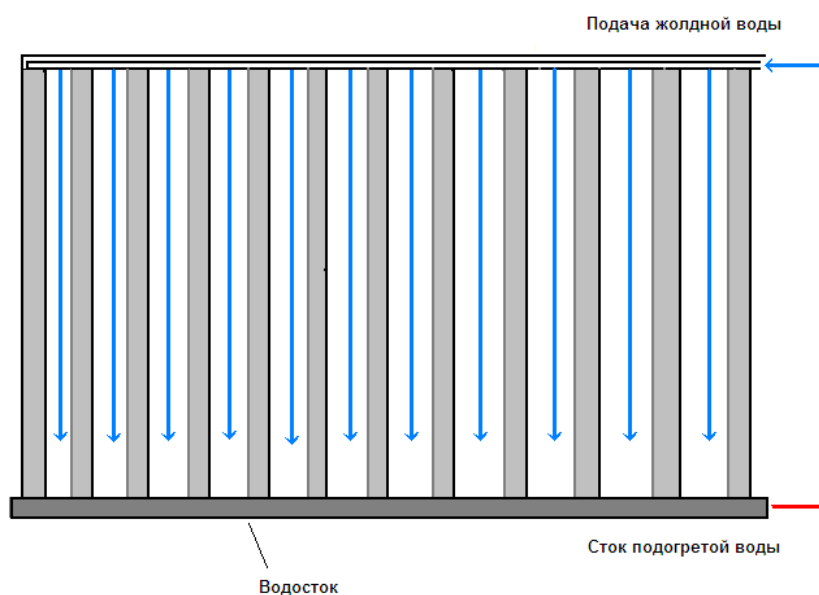


Рис. 3. Схема нагревательного коллектора

За основу конструкции нагревательного коллектора выбрана часть крыши дома, покрытой окрашенным в темный цвет профнастилом. Выбранный скат крыши ориентирован на юг и имеет угол наклона к горизонту ориентировочно  $45^\circ$ . Учитывая необходимую мощность установки, вычисляем площадь нагревательного коллектора и покрываем ее прозрачным соевым поликарбонатом, который хорошо пропускает солнечный свет и является неплохим теплоизолятором. В верхней части коллектора располагаем горизонтальную трубу, к которой циркуляционным насосом малой мощности подаем воду из нижней части бака. В этой трубе напротив каждой сточной канавки профнастила просверливаем отверстия (диаметром порядка 2 мм) (рис. 3).

Вода, стекая по профнастилу, нагревается от солнечных лучей. Далее нагретая вода по водостоку попадает в теплоизолированный бак.

Для объектов ПСО с площадью коллекторно-аккумулирующей стенки  $30 \text{ м}^2$  и отапливаемой площадью  $72 \text{ м}^2$  экономия условного топлива 1,36 т. Расчеты показывают, что в зависимости от количества слоев остекления, материала стенки и ее воздухопроницаемости, географического расположения объекта коэффициент замещения нагрузки  $F$  (доля солнечной энергии в покрытии отопительной нагрузки) достигает величины 0,3–0,7.

Задача максимального использования установленной мощности энергетических установок на ВИЭ при минимальных затратах не может быть эффективно решена без системы автоматического управления. Система автоматического управления выполняет задачи комплексного управления энергогенерирующими устройствами, устройствами накопления энергии и нагрузками (рис. 4).

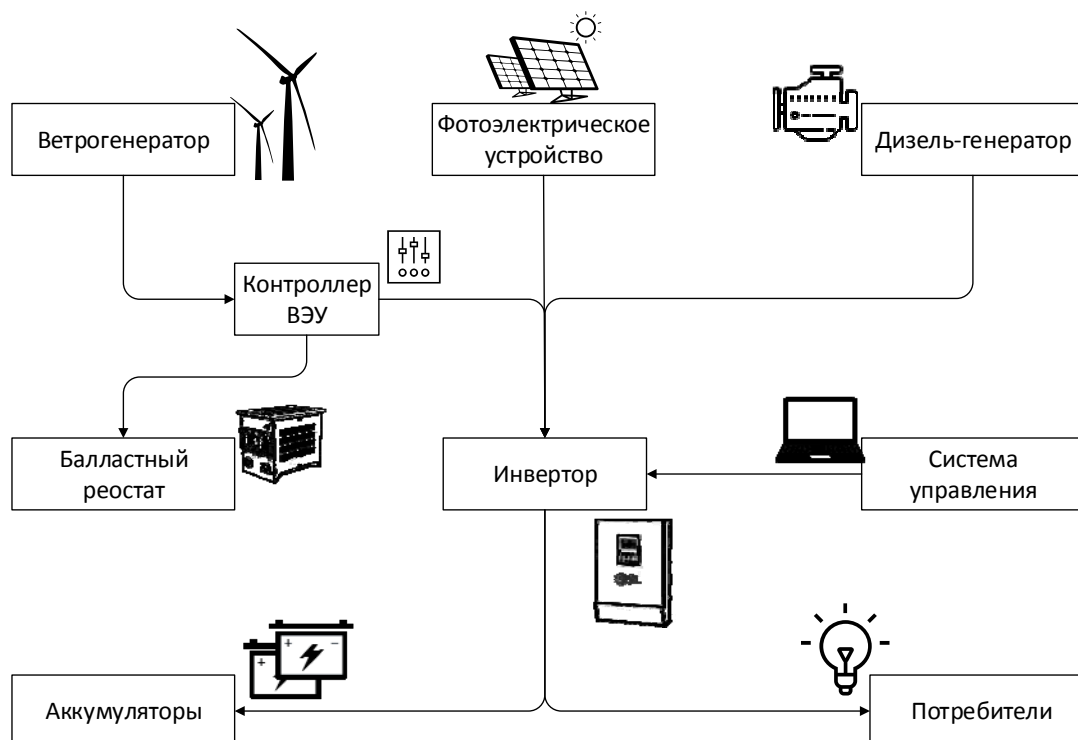


Рис. 4. Структура автономного энергокомплекса с системой автоматического управления

Применение системы автоматического управления не приводит к существенному возрастанию стоимости энергокомплекса и соответственно – к превышению нормативного срока окупаемости капитальных затрат [2].

Максимальная технико-экономическая эффективность системы энергообеспечения с использованием возобновляемых источников энергии может быть достигнута только при комплексном подходе к оптимизации автономного энергетического комплекса как по структуре, так и по техническому обеспечению.

На основании данных многолетних метеонаблюдений были построены математические

модели поступления энергии от возобновляемых источников. На основе разработанного методического подхода проведена оценка возможного вовлечения возобновляемой энергии для получения электро- и тепловой энергии автономным потребителем [3]. Разработано веб-приложение [4, 5], которое на основе информации о местоположении автономного потребителя и данных многолетних метеонаблюдений рассчитывает значение солнечной радиации и ветровой энергии, а также содержит актуальную информацию о преобразователях отечественного и зарубежного производства, а также блок, позволяющий реализовать оптимальный выбор параметров преобразователей возобновляемой энергии в предполагаемом месте установки. Программное приложение позволяет оценить возможность вовлечения ВИЭ в энергосистему автономного потребителя, а также оптимальный выбор параметров преобразователей энергии различных источников в предполагаемом месте установки, что позволяет автоматизировать основные этапы реализации эффективного автономного энергокомплекса.

### Примечания:

1. Феклистов Г.С., Малых В.С., Бучацкий П.Ю. Использование солнечного теплового коллектора как элемента системы теплообеспечения // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2014. Вып. 4 (147). С. 186–189. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
2. Симанков В.С., Бучацкий П.Ю., Шопин А.В. Подход к реализации эффективного автономного энергокомплекса с возобновляемыми источниками энергии // Дистанционные образовательные технологии: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Ялта, 2018. С. 243–246.
3. Симанков В.С., Бучацкий П.Ю. Методический подход к оценке вовлечения возобновляемой энергии в энергобаланс региона // Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. Майкоп, 2017. С. 136–142.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612422 Программный модуль оценки возможного вовлечения нетрадиционных возобновляемых источников энергии в энергосистему индивидуального потребителя («AppRE 1.0») / С.В. Теплоухов, В.С. Симанков, П.Ю. Бучацкий, В.В. Бучацкая, А.В. Шопин.
5. Симанков В.С., Бучацкий П.Ю., Теплоухов С.В. Программное приложение для оценки возможного вовлечения нетрадиционных возобновляемых источников энергии в энергосистему индивидуального потребителя // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2017. Вып. 4 (211). С. 165–170. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>

### References:

1. Feklistov G.S., Malykh V.S., Buchatskiy P.Yu. Use of a solar thermal collector as an element of system of heat supply // The Bulletin of the Adyghe State University. Ser. Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2014. Iss. 4 (147). P. 186–189. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
2. Simankov V.S., Buchatsky P.Yu., Shopin A.V. Approach to the implementation of an effective autonomous energy complex with renewable energy sources // Distance Educational Technologies: Proceedings of the 3<sup>th</sup> Russian scient. and practical conf. Yalta, 2018. P. 243–246.
3. Simankov V.S., Buchatsky P.Yu. Methodological approach to the assessment of renewable energy involvement in the energy balance of the region // Applied aspects of geology, geophysics and geoecology with the use of modern information technologies: materials of the 4<sup>th</sup> intern. scient. and pract. conf. Maikop, 2017. P. 136–142.
4. Certificate of state registration of computer program No. 2018612422 Software module for the assessment of the possible involvement of non-traditional renewable energy sources in the power system of an individual consumer (“AppRE 1.0”) / S.V. Teploukhov, V.S. Simankov, P.Yu. Buchatsky, V.V. Buchatskaya, A.V. Shopin.
5. Simankov V.S., Buchatskiy P.Yu., Teploukhov S.V. Software application to evaluate the possible involvement of non-traditional renewable energy sources into the energy system of individual consumer // The Bulletin of the Adyghe State University. Ser. Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2017. Iss. 4 (211). P. 165–170. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>