Цгоев Т.Ф., Теблосев Р.А.

Создание комплексной энергосистемы для использования в высокогорных малых населенных пунктах в условиях РСО-Алания*Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)*

doi: 10.18411/sr-10-12-2018-16

idsp: sciencerussia-10-12-2018-16

Аннотация

В статье рассматриваются традиционные и нетрадиционные виды энергетики. Особое внимание уделено экологическим проблемам традиционных видов энергетики. Рассматривая все направления нетрадиционной энергетики авторами для малых горных сел предложена комплексная малая гидроаккумулирующая система с использованием энергии не только малых рек, но ветра и солнца.

Ключевые слова: энергетика, экологические проблемы, нетрадиционная энергетика, турбина, генераторы, ветровые потоки, солнечная энергия.

Abstract

The article deals with traditional and non-traditional types of energy. Special attention is paid to environmental problems of traditional types of energy. Considering all directions of unconventional energy the authors propose a complex small hydroaccumulating system for small mountain villages with the use of energy not only of small rivers, but also of wind and sun.

Keywords: energy, environmental problems, unconventional energy, turbine, generators, wind flows, solar energy.

Введение (Introduction). Электроэнергетика — это подсистема энергетики, охватывающая производство электроэнергии на электростанциях и её доставку потребителям по линии электропередачи. Центральными её элементами являются электростанции, которые принято классифицировать по виду используемой первичной энергии и виду применяемых для этого преобразователей. Необходимо отметить, что преобладание того или иного вида электростанций в определённом государстве зависит в первую очередь от наличия соответствующих ресурсов [1]. Электроэнергетику принято делить на *традиционную* и *нетрадиционную*.

Основную долю электроэнергии во всём мире получают именно на *традиционных электростанциях*, которая делится на несколько направлений, в том числе на Тепловую энергетику, Гидроэнергетику и Ядерную энергетику.

Доля различных источников в мировом производстве электроэнергии представлена в таблице 1.

Таблица 1

Доля различных источников в производстве электроэнергии

Годы	Уголь	Природ. газ	ГЭС	АЭС	Нефть	Прочие	Всего
1973	38,3 %	12,1 %	20,9 %	3,3 %	24,8 %	0,6 %	6 131 ТВт·ч
2015	39,3 %	22,9 %	16,0 %	10,6 %	4,1 %	7,1 %	24 255 ТВт·ч

Сжигание топлива - не только основной источник энергии, но и важнейший поставщик в среду загрязняющих веществ. ТЭС в наибольшей степени «ответственны» за усиливающийся парниковый эффект и выпадение кислотных осадков [2]. В выбросах ТЭС содержится значительное количество металлов и их соединений. При пересчете на смертельные дозы в годовых выбросах ТЭС мощностью 1 млн. кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн. доз, железа-400 млн. доз, магния -1,5 млн. доз.

ТЭС – существенный источник подогретых вод, которые используются здесь как охлаждающий агент. Эти воды нередко попадают в реки и другие водоёмы, обуславливая их тепловое загрязнение и сопутствующие ему цепные природные

реакции (размножение водорослей, потерю кислорода, гибель гидробионтов, превращение типично водных экосистем в болотные и т. п.).

Ядерная энергетика до недавнего времени рассматривалась как наиболее перспективная. Это связано как с относительно большими запасами ядерного топлива, так и со щадящим воздействием на среду. К преимуществам относится также возможность строительства АЭС, не привязываясь к месторождениям ресурсов, поскольку их транспортировка не требует существенных затрат в связи с малыми объемами. Достаточно отметить, что 0,5 кг ядерного топлива позволяет получать столько же энергии, сколько сжигание 1000 тонн каменного угля.

При нормальной работе АЭС выбросы радиоактивных элементов в среду крайне незначительны, но после 1986 г. (авария на Чернобыльской АЭС) главную экологическую опасность АЭС стали связывать с возможностью аварий. По различным данным, суммарный выброс продуктов деления от содержащихся в реакторе составил от 3,5% (63 кг) до 28% (50 т). Для сравнения отметим, что бомба, сброшенная на Хиросиму, дала только 740 г радиоактивного вещества.

В процессе ядерных реакций выгорает лишь 0,5-1,5% ядерного топлива, остальная часть превращается в отходы. Часть этих отходов подвергается переработке, а основная масса требует захоронения. *Технология захоронения* довольно сложна и дорогостояща. Оработанное топливо обычно перегружается в бассейны выдержки, где за несколько лет существенно снижается радиоактивность и тепловыделение. Захоронение обычно проводится на глубинах не менее 500-600 шурфах. Последние располагаются друг от друга на таком расстоянии, чтобы исключалась возможность атомных реакций.

Неизбежный результат работы АЭС – тепловое загрязнение. На единицу получаемой энергии здесь оно в 2-2,5 раза больше, чем на ТЭС, где значительно больше тепла отводится в атмосферу. Выработка 1 млн. кВт электроэнергии на ТЭС дает 1,5 км³ подогретых вод, на АЭС такой же мощности объем подогретых вод достигает 3-3,5 км³.

Следствием больших потерь тепла на АЭС является более низкий коэффициент их полезного действия по сравнению с ТЭС.

Экологические проблемы гидроэнергетики. Одно из важнейших воздействий гидроэнергетики связано с отчуждением значительных площадей плодородных (пойменных) земель под водохранилища.

Значительные площади земель вблизи водохранилищ испытывают подтопление в результате повышения уровня грунтовых вод. Эти земли, как правило, переходят в категорию заболоченных. В равнинных условиях подтопленные земли могут составлять 10% и более от затопленных. Уничтожение земель и свойственных им экосистем происходит также в результате их разрушения водой (абразии) при формировании береговой линии. Абразионные процессы обычно продолжаются десятилетиями, имеют следствием переработку больших масс почвогрунтов, загрязнение вод, заиление водохранилищ.

В водохранилищах резко усиливается прогревание вод, что интенсифицирует потерю ими кислорода и другие процессы, обусловливаемые тепловым загрязнением. Нарушаются пути миграции рыб, идет разрушение кормовых угодий, нерестилищ и т. п.

В конечном счете, перекрытые водохранилищами речные системы из транзитных превращаются в транзитноаккумулятивные. Кроме биогенных веществ, здесь аккумулируются тяжелые металлы, радиоактивные элементы и многие ядохимикаты с длительным периодом жизни.

Цель исследования (Purpose of research). Издержки гидростроительства для среды заметно меньше в горных районах, где водохранилища обычно невелики по площади. Однако в сейсмоопасных горных районах водохранилища могут провоцировать землетрясения. Увеличивается вероятность оползневых явлений и вероятность катастроф в результате возможного разрушения плотин. Поэтому поиск альтернативных источников энергии в горных территориях является актуальной задачей для специалистов в области экологии и энергетики.

Результаты исследований (Research result). На территории РСО-Алания в связи с наличием горного рельефа, обладает значительным гидроэнергетическим

потенциалом в настоящее время имеются 6 ГЭС, в том числе: Гизельдонская (мощностью – 22,8 МВт), Дзауджикауская (8 МВт), Фаснальская (6,4 МВт), Павлодольская (2,64 МВт), Беканская (0,504 МВт) и Кора-Урсдонская (0,63 МВт). Кроме того, имеются строящиеся и проектируемые малые ГЭС, том числе Зарамагские, Билягидонская, Геналдонская, Даргавская, Дзуарикауская, Фиагдонская и Дигорская [3].

В связи с указанными недостатками традиционной электроэнергетики на современном этапе развития производительных сил особое значение придается **нетрадиционной электроэнергетике**.

Большинство направлений нетрадиционной электроэнергетики основаны на вполне традиционных принципах, но первичной энергией в них служат либо источники локального значения, например, ветряные, геотермальные, либо источники находящиеся в стадии освоения, например, топливные элементы или источники, которые могут найти применение в перспективе, например, термоядерная энергетика. Характерными чертами нетрадиционной энергетике являются их экологическая чистота, чрезвычайно большие затраты на капитальное строительство и малая единичная мощность.

Выделяют следующие направления нетрадиционной энергетике: *ветровая энергетика, геотермальная энергетика, солнечная энергетика, биоэнергетика, установки на топливных элементах, водородная энергетика, энергия океана, термоядерная энергетика и геотермия*.

К сожалению, в РСО-Алания кроме использования гидроэнергии малых рек по другим направлениям нетрадиционной энергетике работы не ведутся. Прежде всего, речь идет об использовании солнечной, ветряной и геотермальной энергий.

В связи с этим в данной работе предлагается один из вариантов использования в комплексе альтернативных видов энергетике в горных условиях РСО-Алания. Данный проект основан на идее объединения нескольких нетрадиционных источников энергии в единую энергосистему. В основе такой системы лежит одновременное использование ветрового и водяного потоков для получения вращающего момента на вал генератора тока, а также использование солнечного излучения для подзарядки аккумуляторов через солнечные батареи. Разрабатываемая установка имеет обозначение ВЕВОС-ГОРН-0020. Аббревиатура составлена из первых букв используемых источников: ветер, вода и солнце. «ГОРН» кодовое наименование. А цифровой индекс – это обозначение номинальной мощности установки, в данном проекте это 20 кВт.

Горные территории Северного Кавказа, в частности Северной Осетии, являются наиболее подходящими для реализации подобного проекта по следующим причинам:

- Скорость ветра, необходимая для вращения лопастей ветряка составляет 4м/с и более
- Напор воды в горных реках также позволяет использовать работу воды для вращения лопастей
- Количество солнечной радиации на квадратный метр достаточно для подпитки аккумуляторов

Рис. 2. Турбина Дарье

Проектируемая энергосистема представляет собой гибридную установку, состоящую главным образом из двух синхронных генераторов, которые приводятся во вращение лопастями под силой ветряного потока и напором воды в речном потоке [4].

Генераторы установлены на железобетонном фундаменте. Ротор первого генератора через цилиндрический редуктор соединен с главным валом ветряка, которым и приводится во вращение. Второй генератор соединен с валом гидротурбины также редуктор с высоким передаточным числом.

Солнечная батарея в этой системе используется для подзарядки аккумуляторов. Это необходимо для того, чтобы в случае аварийной остановки работы обоих генераторов потребитель не оставался без электроэнергии. Переключение на потребление от аккумуляторов осуществляется с помощью реле контроля напряжения, то есть при падении напряжения на выходе генераторов срабатывает датчик, и система начинает подавать накопленный в этих аккумуляторах заряд потребителю. Такой подход делает работу установки ВЕВОС практически бесперебойной [5].

Рис. 2. Схема установки ВЕВОС-ГОРН-0020

Лопастей ветряка представляют собой турбину Дарье (рис. 2). Это тип турбины низкого давления, ось вращения которой перпендикулярна потоку жидкой или газовой среды. Предложена в 1931 году французским авиаконструктором Жоржем Дарье. Ротор Дарье представляет собой симметричную конструкцию, состоящую из двух и более аэродинамических крыльев, закрепленных на радиальных балках. На каждое из крыльев, движущихся относительно потока, действует подъемная сила, величина которой зависит от угла между вектором скорости потока и мгновенной скорости крыла. Работа ротора Дарье не зависит от направления потока. Следовательно, турбина на его основе не требует устройства ориентации. Ротор Дарье характеризуется высоким коэффициентом быстроходности при малых скоростях потока и высоким коэффициентом использования энергии потока.

Схематически установка **ВЕВОС-ГОРН-0020** представлена на рис. 2.

В соответствии со СНиП 2.01.07-85 [2] расчет ветровой нагрузки, действующей на опору производится по следующему порядку:

1. Определим величину расчетного скоростного напора:

$$Q_p = q'_n \cdot n \cdot k = 25 \cdot 1,3 \cdot 1 = 32,5 \text{ даН/м}^2.$$

Где $q'_n = 100 \cdot 25\% = 25$ декаН/м² – скоростной напор ветра (III район)

$n = 1,3$ – коэффициент перегрузки для высотных сооружений;

$k = 1$ – поправочный коэффициент изменения скоростного напора, зависящий от высоты и типа местности

2. Коэффициент лобового сопротивления для пространственной четырёхгранной фермы при направлении ветра на грань:

$$C_x^{np} = C_x (1 + m) = 1,4 \cdot (1 + 0,3) = 1,82 ,$$

где: $C_x = 1,4$ – аэродинамический коэффициент для плоской фермы; $m = 0,3$ – коэффициент увеличения давления ветра на подветренную грань, зависящий от типа решётки.

3. Площадь проекции опоры на плоскость, перпендикулярную направлению ветра:

$$S = S_{\text{прял}} + S_{\text{трап}} \cdot \sin(90^\circ - \gamma) ,$$

где: $S_{\text{прял}} = 3 \cdot h_1 = 3 \cdot 6 = 18 \text{ м}^2$ – площадь проекции прямоугольной части;

$$S_{\text{трап}} = \frac{3+2}{2} \cdot h_2 = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ м}^2 \text{ – площадь проекции трапециевидной части;}$$

$$\operatorname{tg} \alpha \frac{2+3}{2} = 0,0625 \Rightarrow \alpha = 3,5763 \text{ – угол наклона боковой стороны трапеции к ветру.}$$

4. При этих значениях получим:

$$S = 18 + 20 \cdot \sin(90^\circ - 3,5763^\circ) = 37,54 \text{ м}^2.$$

Вычисляем давление ветра на опору:

$$W = Q_p \cdot \beta \cdot C_x^{np} \cdot \psi \cdot F = 32,5 \cdot 1,5 \cdot 1,82 \cdot 1,1 \cdot 18,77 = 1831,9 \text{ даН,}$$

где: $\beta = 1,5$ – коэффициент увеличения скоростного напора, учитывающий его динамичность и пульсацию;

$\psi = 1,1$ – поправочный коэффициент при действии ветра на ребро;

$F = \varphi \cdot S$ – расчётная площадь проекции конструкции по наружному обмеру на плоскость, перпендикулярную направлению ветра; здесь $\varphi \approx 0,5$ – коэффициент заполнения плоской фермы.

5. Интенсивность ветровой нагрузки

$$q_w = \frac{W}{h_1 + h_2} = \frac{1831,9}{14} = 130,8 \approx 131 \text{ даН/м.}$$

Принимаем $q_w = 131 \text{ даН/м.}$

Проведены расчеты скорости коэффициента использования энергии ветра, напора и расхода воды, количества потребления электроэнергии для одного дома.

Обсуждение (Discussion). Авторами [4] предложен перечень оборудования на установке ВЕВОС-ГОРН-0020, в том числе: 1) генератор синхронный ГС 250-20/4-Р (20 кВт), 2) сетевой фотоэлектрический инвертор SolarWorx GTI, 3) сетевой инвертор ФЭ модуль MSW-145(12), 4) гелевая аккумуляторная батарея Prosolar-R RA12-200DG, 5) цилиндрический редуктор Paramax® SFC Air Cooled Condenser Drives, 6) щит ВРУ1-17-70УХЛ4, предназначенный для приема, распределения и учета электроэнергии напряжением 380/220 В [6].

Технические характеристики установки ВЕВОС-ГОРН-0020 следующие: 1) номинальная мощность – 20,0 кВт; 2) пусковая скорость ветра – 4,0 м/с; 3) номинальная скорость ветра – 12,0 м/с; 4) максимальная рабочая скорость ветра 20,0 м/с; 5) буревая (расчетная по прочности) скорость ветра – 56 м/с; 6) высота опоры: – 15 м; 7) диаметр окружности вращения лопастей гидротурбины: – 4,0 м; 8) передаточное число редуктора: – 16.

Заключение (Conclusions). В работе [4] разработано создание энергоустановки, в которой объединены сразу три естественных источника получения электроэнергии (ветер, вода и солнце) без использования углеводородного топлива и других горючих материалов. В основу взяты энергия ветрового и водяного потоков, а также солнечного излучения. Главной особенностью данной установки является бесперебойность

электроснабжения. Эта задача была решена благодаря нестандартному применению и комбинированию всех составляющих энергосистемы ВЕВОС-ГОРН-0020. Благодаря этому себестоимость электроэнергии довольно низка и составляет 60 копеек за 1 кВт·ч

При этом капитальные вложения в строительство установки составляют 1 088 497 руб. При выработке 175200 кВт·ч в год, чистый экономический эффект составил 208 488 руб., а срок окупаемости 3,1 года. Полный экономический эффект от создания системы составил 6,8 доли. ед.

Несмотря на эти показатели по настоящее время ни один инвестор не откликнулся на предложенный проект, что говорит о низком уровне экологической политики в регионах страны.

1. Энергетика <https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетика>
2. Дипломная работа на тему: «Создание альтернативной энергосистемы (ветер, солнечное излучение и речной сток) для хозяйственного использования в условиях горных регионов РСО-Алания». Студент кафедры техносферной безопасности СКГМИ (ГТУ) Иликоев Г.В., руководитель Цгоев Т.Ф. 2012. – 82 с.
3. Малые ГЭС Северной Осетии. https://wiki2.org/ru/Малые_ГЭС_Северной_Осетии.
4. Иликоев Г.В., Цгоев Т.Ф. Снижение негативного влияния на окружающую среду гидроэлектростанций созданием гидроаккумулирующих электро-станций, а также небольших ГЭС на малых реках. В трудах молодых ученых СКГМИ (ГТУ) – Владикавказ: Издательство «Терек», 2012г. С.227-233.
5. Беззубов, С. И. Солнечные батареи, сенсibilизированные красителем / С. И. Беззубов, В. Д. Долженко // Природа. – 2012. – № 6. – С. 45-50.
6. СПРАВОЧНИК «Энергетическое оборудование для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии». Под редакцией В.И.Виссарионова. – М.: Фирма ВИЭН. 2004.

Цгоев Т.Ф., Теблов Р.А.

Состояние и перспективы использование тепловых насосов в регионах России на примере РСО-Алания

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)

doi: 10.18411/sr-10-12-2018-17

idsp: sciencerussia-10-12-2018-17

Аннотация

В статье рассмотрены виды и принципы работы тепловых насосов, как альтернативных источников теплоснабжения и их преимущества по экологичности и экономичности перед другими видами источников энергии. Рассмотрен вариант применения теплового насоса типа «грунт-вода» для применения в домах одноэтажной застройки в сельских местностях РСО-Алания.

Ключевые слова: низкопотенциальное тепло, тепловой насос, тепло земли, коэффициент преобразования, коэффициент трансформации.

Abstract

The article deals with the types and principles of operation of heat pumps as alternative sources of heat supply and their pre-property on environmental friendliness and efficiency before other types of energy sources. The variant of application of the heat pump of type "soil-water" for application in houses of one-storeyed building in rural areas of RSO-Alania is considered.

Key words: low-grade heat, heat pump, ground source heat transformation ratio, transformation ratio.

Введение (Introduction). Основным направлением альтернативной энергетики является поиск и использование альтернативных (нетрадиционных) источников энергии. Одним из этих направлений является использование низкопотенциального