



## SOLAR-WIND ENERGY COMPLEXES FOR CREATION OF LOCAL ENGINEERING INFRASTRUCTURE OF REMOTE INDUSTRIAL AND RURAL OBJECTIVES IN THE REPUBLIC OF KALMYKIA, RUSSIAN FEDERATION

**Valery EVIEV, Igor ILIŞHIN, Sergey SHAPOSHNIKOV, Svetlana HULHACIEVA**  
State university of Kalmykia B.B. Gorodovicov)

**Abstract** –The Republic of Kalmykia owns of big quantities resources of renewable energy (RES): with the annual potential assessed in following figures: solar energy - 12,9 billion. t.e.p. (105 mln. GWh), wind – 2,8 billion. t.e.p. (23 mln. GWh), biomass – 497 mln. t.e.p. (4GWh).

These indicators, created economical end environmental situations, problems energy saving and water supply of remote objectives in the region were considered by the creative team of authors in the elaboration in 2013 of the innovation concept of elaboration and realization of energy complexes to store solar and wind energy. The team comprises employees of the Faculty of technology and engineering of the center of science and production including young people "Constructor" of the FTECS VO " State university of Kalmykia B.B. Gorodovicov".

In 2014 has been elaborated and mounted the aerodynamic tube, equipped with a complex for measurement of high accuracy. In 2015 has begun really tests of the elaborated and realized sample of the wind power unit (WPU) with output of 3kWh, as a stand-alone and a power module included in the complex to operate together with solar batteries.

An innovation content of the elaboration is confirmed by the Patent of Russian Federation Nr. 157835 dated 19of November 2015 "POWER INSTALATION WITH PIPE OF AIR EVACUATION". The holder of the Patent is FTECS VO " State university of Kalmykia B.B. Gorodovicov.

**Keywords** – renewable energy sources, aerodynamic tube, solar battery, wind energy.

## COMPLEXE ENERGETICE SOLARE-EOLIENE PENTRU CREAREA INFRASTRUCTURII INGINEREŞTI LOCALE LA OBIECTIVE ÎNDEPĂRTATE INDUSTRIALE ŞI AGRICOLE DIN REPUBLICA CALMÎCĂ, FEDERAȚIA RUSĂ

**Valeri EVIEV, Igor ILIŞCHIN, Serghei ŞAPOŞNICOV, Svetlana HULHACIEVA**  
Universitatea de stat calmică B.B. Gorodovicov)

**Rezumat** – Republica Calmică dispune de resurse impunătoare de energie regenerabilă (SER): cu potențial anual estimat în următoarele cantități: energia solară 12,9 mlrd. t.e.p. (105 mln. GWh), eoliană – 2,8 mlrd. t.e.p. (23 mln. GWh), biomasa – 497 mln. t.e.p. (4GWh).

Acești indici, situația economică și ecologică creată, problemele economiei în energetică și aprovizionarea cu apă a obiectivelor îndepărtate din regiune erau considerate de către colectivul de autori la elaborarea în 2013 a concepției inovaționale de elaborare și realizare a complexelor energetice, ce convertează energia solară și eoliană. Colectivul constă din colaboratori ai Facultății tehnologice inginerești și al centrului de tineret științific și de producere „Constructor” FTICT VO „Universitatea de stat calmică B.B. Gorodovicov”.

În 2014 a fost elaborată și construită țeava aerodinamică, dotată cu un complex de efectuare a măsurătorilor de înaltă precizie. În 2015 au început testările în câmp a mostrei elaborate și realizate a instalației energetice eoliene (IEE) cu puterea de proiect 3 kWh, ca o instalație autonomă și ca un bloc energetic al complexului pentru funcționarea împreună cu bateria solară.

Partea inovațională a elaborării este confirmată de brevetul Federației Ruse Nr. 157835 din 19 noiembrie 2015 „INSTALAȚIE ENERGETICĂ CU CONDUCTĂ DE EVACUARE A AERULUI”. Deținător de Brevet - FTICT VO „Universitatea de stat calmică B.B. Gorodovicov”.

**Cuvinte cheie** – surse regenerabile de energie, țeavă aerodinamică, baterie solară, energie eoliană.

## СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОТДАЛЁННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**В.А. Эвиев, И.И. Илишкин, С.Д. Шапошников, С.Д. Хулхачиева**  
Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова

**Реферат** – Республика Калмыкия обладает огромными ресурсами энергии на возобновляемых источниках (ВИЭ): годовой потенциал оценивается в следующих величинах: солнечная энергия - 12,9 млрд. т.у.т. ( 105 млн. ГВтч) , ветровая - 2,8 млрд. т.у.т. (23 млн. ГВтч), биомасса - 497 млн. т.у.т.( 4 ГВтч).

Эти показатели, а также сложившаяся экологическая и экономическая ситуация, проблемы, связанные с энергоснабжением и водоснабжением отдаленных объектов в регионе, были учтены авторским коллективом при разработке в 2013 году инновационной концепции разработки и создания энергетических комплексов, преобразующих энергию ветра и солнца. Авторский коллектив состоит из сотрудников инженерного технологического факультета и молодёжного научного производственного центра «Конструктор» ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова».

В 2014 году была разработана и изготовлена аэродинамическая труба, оснащенная высокоточным измерительным комплексом. В 2015 г. начались полевые конструкторские испытания разработанного и изготовленного опытного образца ветровой энергетической установки (ВЭУ) проектной мощностью 3 кВт.ч, как автономного устройства и как энергоблока комплекса для совместной работы с солнечной батареей. В результате полномасштабных проведенных испытаний, лабораторных исследований и экспериментов была получена обширная информационная база, подтверждающая правильность разработанной принципиальной схемы ВЭУ.

Научная новизна разработки подтверждена патентом Российской Федерации № 157835 от 19 ноября 2015 года «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ВЫПУСКНЫМ ВОЗДУХОВОДОМ». Патентообладатель - ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова».

**Ключевые слова** – возобновляемые источники энергии, аэродинамическая труба, солнечная батарея, энергия ветра.

Экономическая конъюнктура в России складывается благоприятным образом для развития альтернативной энергетики, более широкого использования и сбыта автономных источников питания. Тарифы в России на электроэнергию очень сильно выросли, и продолжают расти, что создает высокий спрос на ветрогенераторы и солнечные элементы питания.

Кроме этого, регион Южного федерального округа имеет высокий удельный вес сельского населения, а значит высокий уровень спроса на автономные элементы питания.

Юг России, частью которого является Калмыкия, отличается также превышением среднероссийского уровня по интенсивности ветра и солнечному потенциалу, количеству солнечных и ветровых дней в году.

В настоящее время Республика Калмыкия не имеет действующих электрических генерирующих мощностей. Электроснабжение республики осуществляется за счет электроэнергии, закупаемой на Федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности.

Тарифы на электроэнергию для конечных потребителей в Республике Калмыкия выше в сравнении с регионами Южного федерального округа. Основными причинами высоких цен на электроэнергию является отсутствия крупных промышленных потребителей, низкая плотность населения и разбросанность населенных пунктов по территории республики, что обуславливает большую протяженность линий электропередачи и большие затраты по их содержанию.

Республика Калмыкия обладает огромными ресурсами энергии на возобновляемых источниках (ВИЭ): годовой потенциал оценивается в следующих величинах: солнечная энергия - 12,9 млрд. т.у.т. ( 105 млн. ГВт.ч), ветровая - 2,8 млрд. т.у.т. (23 млн. ГВт.ч), биомасса - 497 млн. т.у.т.( 4 ГВт.ч) [1].

Высокий естественный потенциал ветровой энергии связан с расположением Калмыкии в естественной «аэродинамической трубе»: в Предкавказье, между Каспийским и Чёрным морем,

открытыми степными просторами, возвышенным рельефом в западной части республики. Средние скорости ветра в Калмыкии на высоте 10 метров – 4,5-5 м/с, на высоте 50 метров – 6м/с.

Большие ресурсы солнечной энергии обусловлены сравнительно низкоширотным положением Калмыкии и преобладанием солнечной погоды. Продолжительность солнечного сияния составляет 2180-2250 часов в году, средняя солнечная энергия на 1 кв. метр горизонтальной поверхности 3.5-4 кВт в сутки или более 1300 кВт в год.

Валовый потенциал превышает текущее потребление в Республике Калмыкия в десятки тысяч раз и составляет 80% всего текущего производства и потребления электроэнергии в России [1].

Таким образом, потребность Калмыкии в энергии и, как следствие в решении ряда социально-экономических и геоэкологических проблем, могут быть удовлетворена за счет использования ВИЭ и в этом смысле Калмыкия, может стать одним из эталонных с экологической точки зрения регионов не только России, но и мира.

Развитие энергетики на основе ВИЭ в Калмыкии может идти по двум направлениям [2]:

- реализация крупных проектов, в частности ветропарков;

- обеспечение множества дисперсных потребителей (животноводческие стоянки, небольшие населенные пункты, личные хозяйства) автономными солнечными батареями, ветрогенераторами, биогазовыми установками.

Последнее из вышеуказанных направлений является приоритетным в научно-исследовательской деятельности инженерно - технологического факультета и молодёжного научного производственного центра «Конструктор» ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» [3].

Авторским коллективом, состоящим из студентов и сотрудников проводится активная работа по всем направлениям возобновляемой энергетики: разработка ресурсосберегающих технологий при эксплуатации ДВС, разработка и изготовление

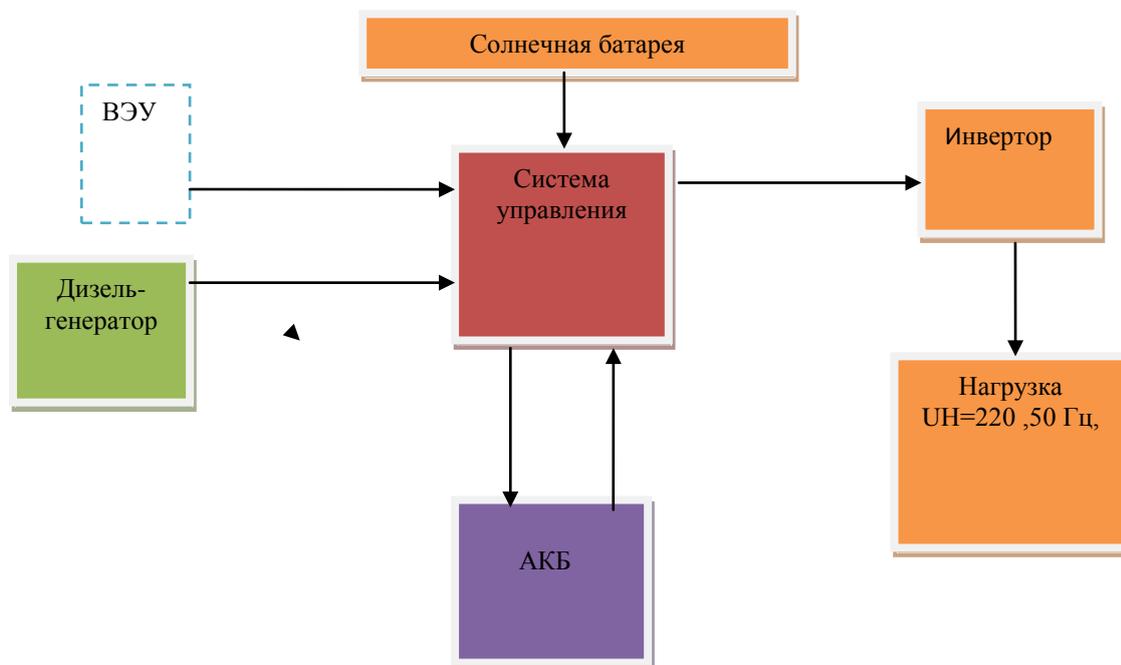


Рисунок 1. Структурная схема ветросолнечного энергетического комплекса

ветроэнергетических установок, применение солнечных устройств для подъема воды из колодцев и скважин [4].

Применение маломощной автономной энергетики с установленной мощностью оборудования от 0,2 до 5 киловатт, довольно эффективно и сроки их окупаемости могут составлять от 1 года до 5 лет.

В вышеприведённой схеме важнейшей составной частью является ветровая энергетическая установка (ВЭУ). В рамках реализации программы в 2015 году на базе ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» был разработан, спроектирован и изготовлен опытный образец ВЭУ (рис. 2). После изготовления и перебазировки были проведены полевые конструкторские испытания. Для выполнения условий безопасности было изготовлено многофункциональное ограждение, исключающее случайное попадание людей, животных, птиц в рабочие зоны ВЭУ, пересмотрена изначальная схема установки рабочего вала ветродвигателя на одну подшипниковую опору.

В ходе тестовых испытаний была получена обширная информационная база, основанная на многочисленных экспериментах с применением высокоточного измерительного комплекса и наблюдений. Отмечено, что в конструкциях вертикальных ВЭУ есть один существенный недостаток - во время их работы перед препятствием (лопастным элементом ротора) образуется воздушная подушка, взаимодействуя с которой новые порции ветра расходятся по сторонам (это отмечено в время пыльных бурь) и не менее 30-40% энергии ветра уходит и не принимает участия в давлении на лопасти.



Рисунок 2. Экспериментальный образец вертикально – осевого ВЭУ

В связи с этим суммарный КПД, или коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ) ветроколеса у вертикальных энергетических установок достаточно низкий и составляет всего 15-25%. Это означает, что такие низкие энергетические характеристики повлекут за собой низкие экономические показатели ВЭУ.

Необходимо было найти другое оригинальное техническое решение с перспективой серийного производства недорого и в тоже время эффективного устройства энергоблока для синхронной работы с солнечной батареей.

Накопленный авторским коллективом научный задел, конструкторский опыт и лабораторная установка, оснащенная высокоточным измерительным комплексом, помогли разработать инновационную принципиальную аэродинамическую схему, кардинально меняющую взаимодействие рабочего воздушного потока и лопастных элементов ротора, а также эффективного оттока отработанного воздуха.

Известно, что мощность ВЭУ определяется, прежде всего, ветровыми условиями, в которых она работает:

$$P=1/2 \rho \xi \eta_r \eta_m S V^3 ,$$

где  $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$  – удельная плотность воздуха при температуре  $18^\circ \text{C}$ ,

$\xi$  - коэффициент преобразования энергии ветра, теоретическое значение которого по теории Н.Е. Жуковского составляет 0,593;

$\eta_r$  - КПД генератора, обычно составляет 0,95;

$\eta_m$  -КПД мультипликатора, обычно оно равно 0,95;

S- площадь, ометаемая ветроколесом,  $\text{м}^2$ ;

V-скорость ветра, м/с (зависит как от места размещения ВЭУ, так и от высоты оси вращения над уровнем поверхности земли).

В предлагаемой инновационной схеме за счет совершенствования соплового входного аппарата удалось увеличить плотность воздушного потока на 7%. Воздушный поток, проходя через входное сопло сжимается вследствие конструктивной особенности пропорционально соотношению наружной площади входа и внутренней площади. Это приводит в совокупности к увеличению аэродинамической силы и увеличению силового воздействия на лопастные элементы ротора (1) ветродвигателя. Ротор ветродвигателя состоит из вертикального вала (2) и прикреплённых к нему лопастных элементов, причем верхний диаметр выпускного воздуховода (5) меньше на 30% выпускного, что способствует увеличению скорости воздушного потока внутри ветродвигателя. Выпускной воздуховод (5) обеспечивает эффективный отток отработанного воздуха в турбине, из-за того, что его выходное отверстие находится с подветренной стороны и вокруг него образуется область разряженного воздуха, что приводит к ускоренному движению ветрового потока и уменьшает начальную скорость работы ветродвигателя (от 1,5 м/с).

Научная новизна разработки подтверждена патентом Российской Федерации № 157835 от 19

ноября 2015 года «Энергетическая установка с выпускным воздуховодом».

Проведенный анализ энергопотребления фермерских хозяйств показывает, что для их электроснабжения достаточно солнечноветровых электростанций единичной мощностью 500 Вт. При этом месячная выработка составит 200-400 кВт·ч. Дело в том, что ветроэлектростанции работают на заряд аккумуляторных батарей и в вечернее время, когда энергопотребление максимальное, с аккумуляторов снимается энергия, запасенная в дневное время от ветроустановки и солнечных модулей [5].

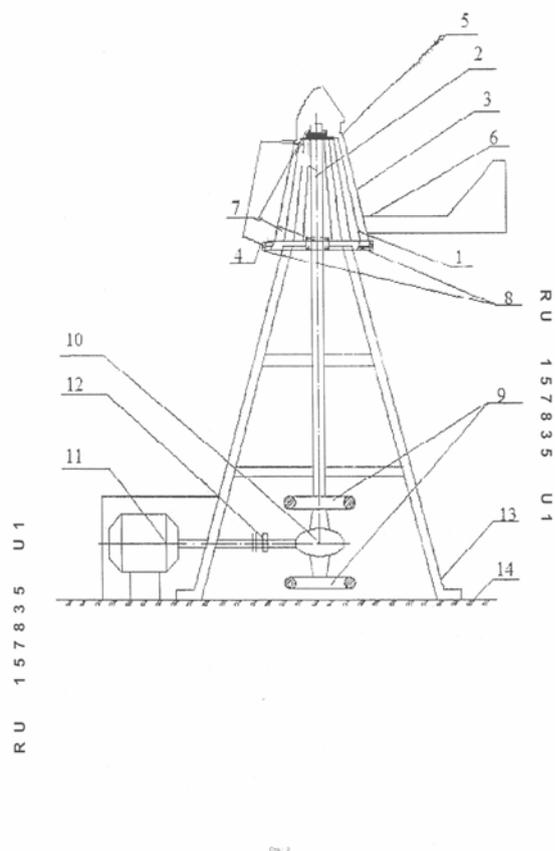


Рисунок 3. Принципиальная схема усовершенствованной ВЭУ:

- 1-ротор ветродвигателя;
- 2-вал ветродвигателя;
- 3-подвижный корпус ветродвигателя;
- 4-воздухозаборник;
- 5-выпускная труба эжекторного типа;
- 6-стабилизатор подвижного корпуса ветродвигателя;
- 7-подшипниковая опора;
- 8-блок каркаса;
- 9-гидравлическая система тормозов;
- 10-редуктор;
- 11-генератор;
- 12- соединительная муфта;
- 13-корпус мачты;
- 14-основание.

При широкомасштабном внедрении солнечных и солнечно-ветровых энергоустановок различных типов они могут обеспечить до 15...20% общего энергопотребления коммунального сектора в республике.

Разработке конкретных мероприятий программ для каждого района и конкретного объекта на его территории должен предшествовать анализ состояния обеспечения их топливно-энергетическими ресурсами, должна прогнозироваться потребность в энергоресурсах и учитываться наличие природных и сырьевых ресурсов.

С учетом этого на данном этапе предлагаются следующие направления деятельности, которые на дальнейших этапах должны быть детализированы и расширены:

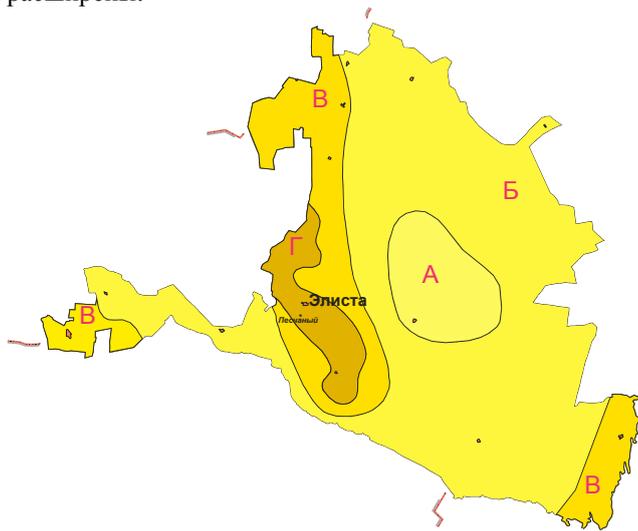


Рисунок 4. Карта-схема районирования Калмыкии по ветровым ресурсам.

А - среднегодовая скорость ветра 4,2-4,9 м/с;

Б – среднегодовая скорость ветра 4,9-5,6 м/с;

В - среднегодовая скорость ветра 5,6-6,2 м/с;

Г - среднегодовая скорость ветра 6,2 м/с и более.

1. Комплексный анализ солнечно-ветровой климатической ситуации, изучение особенностей энергопотребления районов и объектов на их территории, разработка стратегии и тактики внедрения солнечных, солнечно-ветровых и комплексных энергоустановок.

2. Разработка и широкое внедрение бытовых солнечных водонагревательных установок.

3. Разработка проекта, организация производства и поставка потребителям экологически чистой энергетической установки для сельских объектов, в первую очередь для сельских школ, малых и средних предприятий с целью обеспечения их горячей водой и электроэнергией за счет энергии солнца и ветра.

4. Разработка проектов и установок по использованию возобновляемых источников энергообеспечения отдельных производственных и жилых объектов в городских населенных пунктах.

5. Разработка проекта строительства солнечно-ветровых, тепло- и электроэнергетических станций для централизованного энергообеспечения отдельных поселков или городских микрорайонов.

Процесс использования альтернативных источников энергии тормозится малым количеством профессионально подготовленных специалистов и менеджеров в области охраны окружающей среды при производстве и потреблении энергии. Необходимо организовать подготовку специалистов в области экологически безопасной энергетики, ее популяризацию. Подготовка специалистов в области экологически безопасной энергетики является одним из важнейших и приоритетных направлений развития вуза.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] К.С. Дегтярёв, Т.И. Андреев, А.М. Залиханов, А.А. Соловьёв *Предпосылки развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии в Республике Калмыкия в контексте геоэкологических проблем.* Сборник «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», 2015 г., с. 47-51 .

[2] Эвиев В.А. *Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Республике Калмыкия.* //Энергосберегающие технологии. Проблемы эффективного использования: Материалы II Международной научно-практической конференции. – Волгоград: изд-во ВГСХА, 2007, с.87 - 91

[3] Эвиев В.А., Очиров Н.Г. *Создание системы гарантированного электроснабжения потребителей на основе возобновляемых источников энергии.* //Иновационные технологии в управлении, образовании и промышленности «АСТИНТЕХ-2008» [текст]. - Астрахань: Изд. дом «Астраханский ГУ», 2008. – С. 90-92

[4] Эвиев В.А., Каруев Б.Т., Курдюков Н.С. *Конструктивные и энергетические характеристики вертикально осевой ветроэнергетической установки.* // Современное состояние, проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии: Материалы Регионального научно-практического семинара, посвященного 400-летию добровольного вхождения калмыцкого народа в состав Российского государства 8-9 октября 2009 г. – Элиста: Изд-во Калм. ГУ. – С. 105-107

[5] Эвиев В.А., Манджиева Т.В. *Возобновляемые источники энергии в сельскохозяйственном производстве Республики Калмыкия.* // Возобновляемые источники энергии. Потенциал, достижения, перспективы. Материалы международного семинара экспертов (Минск 22-24 февраля 2011г.) – Минск: Беларусь. Наука, 2011 г. с. 62-70.