

В.М. ИВАНОВ**Т.Ю. ИВАНОВА****И.А. БАХТИНА****П.С. ТРУТНЕВ**

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

*AUTOMATED HYDROPOWER STATIONS FOR POWER SUPPLY AND ENERGY SAVING
OF INDEPENDENT CONSUMERS*

Рассматриваются автоматизированные гидроэнергетические установки для электроснабжения и энергосбережения автономных потребителей в Алтайском крае и республике Алтай, а именно, разработанные и внедренные авторами различные типы микро-ГЭС с водоналивными колесами и осевыми гидротурбинами и блоками автоматического управления электрической нагрузкой. Приведены их основные технические характеристики.

Ключевые слова: электроснабжение, энергосбережение, водоналивное колесо, осевая гидротурбина, микро-ГЭС, блок автоматического управления, электрическая нагрузка.

Возрастающие с каждым годом выработка и потребление энергии в мире создают необходимые условия для ускорения научно-технического прогресса, который позволяет улучшать благосостояние людей планеты. Но вместе с тем возрастающие объемы потребления энергии требуют все больших и больших объемов углеводородного сырья, запасы которого не безграничны. При населении России, составляющем 2,4 % от мировой численности населения, наша страна обладает 12 % мировых запасов нефти, 35 % мировых запасов газа, 16 % мировых запасов угля и 14 % урана. Однако, несмотря на богатство органических ресурсов, половина регионов России (в том числе Алтайский край и республика Алтай) испытывают дефицит энергии, а в некоторых районах ситуация критическая.

Вместе с тем зоны децентрализованного энергоснабжения и не электрифицированные зоны составляют около 2/3 территорий России, на которых проживает примерно 20 млн человек. Данная проблема актуальна и для энергетики Алтайского края и респу-

The paper describes automated hydropower stations for power supply and energy saving of independent consumers in Altai Krai and Altai Republic. These stations present various types of micro hydroelectric power stations with water filling wheels, axial water-wheels and blocks of automatic control of electric loading which were developed and introduced by the authors. The main technical characteristics of these micro-HPPs are given.

Key Words: power supply, energy efficiency, water filling wheel, axial water-wheel, micro hydroelectric power station, micro-HPP, block of automatic control, electric loading.

блики Алтай. Многие потребители находятся в отдалении от центральных электрических сетей, а именно: фермерские хозяйства, полевые станы, туристические комплексы, предприятия лесопромышленного комплекса и т.п. В горных районах активно развиваются рекреационные зоны, строятся новые туристические комплексы. При этом существующий дефицит генерирующих мощностей не позволяет удовлетворить их потребности в энергии. Большая часть потребителей на данных территориях получает электроэнергию от автономных энергетических систем [1].

Надежное электроснабжение децентрализованных регионов является актуальной задачей энергетики России, от успешного решения которой зависит не только ее социально-экономическое развитие, но и безопасность значительной части населения [2-4].

В настоящее время энергоснабжение автономных потребителей обеспечивается, в основном, с помощью бензиновых и дизель-генераторов, эксплуатация которых сопряжена с большими затратами на периодический завоз топлива и техническое обслу-

живание. Дополнительными негативными факторами использования таких установок являются выбросы продуктов сгорания в окружающую среду и шум. Серьезной экологической проблемой является загрязнение окружающей среды топливными контейнерами [5].

Решить данные проблемы можно за счет внедрения автономных энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии [6, 7].

Использование возобновляемых источников энергии является частью энергетической государственной политики. В долгосрочных программах энергетической политики России (распоряжение Правительства РФ № 1234-р) предусмотрено, что к 2020 г. в России производство электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии должно составлять 4,5 % от общего производства в России, что соответствует вводу около 25 ГВт мощности.

Для Алтайского края наиболее перспективным направлением использования возобновляемых источников является освоение гидроэнергетического, солнечного, ветроэнергетического потенциалов и местных видов топлива. При этом освоение гидроэнергетического потенциала края за счет использования автономных гидроэнергоустановок способно в значительной степени уменьшить дефицит электропитания удаленных существующих энергосистем сельских районов, а также районов с одноцепными и радиальными физически изношенными линиями электропередачи.

Коллектив авторов на протяжении многих лет успешно занимается созданием и внедрением автономных гидроэнергетических установок на территории Алтайского края и республики Алтай с использованием опыта проектирования микро-ГЭС в других регионах [8, 9]. Для обеспечения надежности, удобства и простоты эксплуатации автономные микро-ГЭС должны быть снабжены системами автоматического управления.

В Алтайском крае установлены две автоматизированные микро-ГЭС с водоналивными колесами по проектам, разработанным авторами: на Колыванском камнерезном заводе в селе Колывань Курьинского района и в поселке Новозыково Красногорского района.

Современная гидроэнергетическая установка, представляющая собой микро-ГЭС с водоналивным колесом, была установлена в связи с юбилеем Колыванского камнерезного завода по заданию Администрации Алтайского края. Работы по реконструкции

выполнены по проекту, разработанному учеными Алтайского государственного технического университета. В лаборатории гидротехнических сооружений малых гидроузлов и микро-ГЭС была создана модель водоналивного колеса в масштабе 1:2. Оптимизирована форма лопаток, позволяющая получить наполнение около 50 % от максимально возможного объема (объема полукольца). С применением водоудержателя, расположенного в нижней четверти колеса и выполненного в виде радиально изогнутой стенки с зазором 10 мм от колеса, удалось увеличить наполнение до 60 %. Авторами был также создан полномасштабный блок автоматического управления электрической нагрузкой (БАУЭН-1), выполнены поверочные расчеты на статические и динамические нагрузки крепления за водосбросными сооружениями и проведены все необходимые испытания.

В результате для электроснабжения и энергосбережения на заводе была установлена микро-ГЭС с водоналивным колесом диаметром 5,5 м, шириной 0,9 м и количеством лопаток 48. Основные технические характеристики установленной микро-ГЭС: мощность 15 кВт, расход 0,55 м³/с, напор 5,5 м, напряжение фазное 230 В, частота 50 Гц, общий КПД 60 %. В настоящее время микро-ГЭС эффективно работает в штатном режиме на заводе и вырабатывает электроэнергию для его нужд круглый год [10].

Другим объектом является автоматизированная микро-ГЭС, установленная в поселке Новозыково Красногорского района. Микро-ГЭС состоит из водоналивного колеса диаметром 3 м, шириной 0,88 м и количеством лопаток 12, системы автоматического управления и блока автоматического управления электрической нагрузкой (БАУЭН-2). Основные технические характеристики установленной микро-ГЭС: мощность 10 кВт, расход 0,55 м³/с, напор 3,5 м, напряжение фазное 230 В, частота 50 Гц, общий КПД 60 % [11].

В республике Алтай на притоке реки Саратанка в Международном детском туристическом лагере «Кох-Таман», находящемся в 15 км от села Саратан Улаганского района, была установлена микро-ГЭС с осевой гидротурбиной. Основные технические характеристики установленной микро-ГЭС: мощность 4,5 кВт, расход 0,1 м³/с, напор 10 м, напряжение фазное 230 В, частота 50 Гц, общий КПД 50 % [12-14].

Средний срок окупаемости установленных автоматизированных микро-ГЭС составил два-три года, а стоимость строительства 1 кВт установленной мощности – около 60 тыс. руб. Высокие технико-экономические показатели микро-ГЭС достигнуты

а



б



Рис. 1. Фото водоналивного колеса и подводящего лотка: а – вид сбоку; б – вид сзади

за счёт применения оригинальных конструкторских решений авторов, защищенных патентами РФ на изобретения и полезные модели [13-17].

В настоящее время авторами разработан проект микро-ГЭС с водоналивным колесом диаметром

2 м, шириной 1,35 м для электроснабжения поселка Аргут Кош-Агачского района республики Алтай. Водоналивное колесо было изготовлено ранее владельцем микро-ГЭС (рис. 1). В связи с отсутствием водоудерживающего элемента и боковых стенок

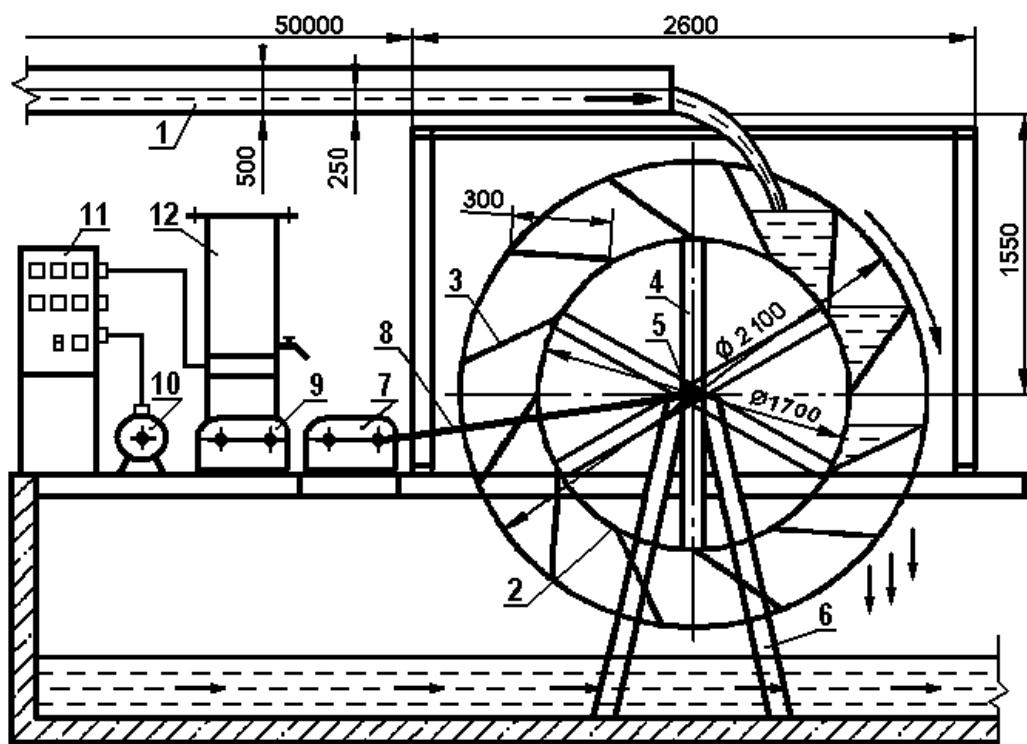


Рис. 2. Схема микро-ГЭС с водоналивным колесом для поселка Аргут:

- 1 – водоподводящий лоток; 2 – водоналивное колесо (диаметр 2 м, ширина 1,35 м); 3 – лопатки (12 шт.); 4 – спицы (12 шт.); 5 – вал водоналивного колеса; 6 – опоры (2 шт.); 7 – редуктор; 8 – карданный вал; 9 – редуктор; 10 – асинхронный двигатель 5,5 кВт, 1500 об/мин; 11 – блок управления электрической нагрузкой (БАУЭН – 2); 12 – электрокотел

вода сразу же сливалась с лопаток, не задерживаясь на них, поэтому работала только верхняя четверть колеса, общий КПД очень низкий, всего 20 %.

Для электроснабжения поселка Аргут Кош-Агачского района авторами была разработана на основе существующего водоналивного колеса и водоподводящей системы микро-ГЭС. Разработанная схема микро-ГЭС представлена на рис. 2.

Работа микро-ГЭС осуществляется следующим образом. Вода из реки подаётся по деревянному, облицованному профнастилом лотку 1 (шириной 1 м, высотой 0,5 м и длиной 50 м) сверху на водоналивное колесо 2. Максимальный расход воды 1 м³/с. Колесо имеет 12 лопаток. Лопатки 3 закреплены между внешним и внутренним ободом колеса.

Внешний обод изготовлен из изогнутой трубы, а внутренний представляет собой сплошной металлический барабан. Между лопатками и барабаном образуются карманы, в которые заливается вода. Под действием силы тяжести, действующей на лопатки, колесо поворачивается. На нём создается вращательный момент, который через спицы 4 (их 12 шт.) передается на вал водоналивного колеса 5.

Вал закреплен на подшипниках в опорах 6 (их 2 шт.). Он соединен с редуктором 7 с помощью карданного вала 8. Редуктор 7 соединён с редуктором 9, последний соединен с асинхронным электродвигателем 10 (5,5 кВт, 1500 об/мин), который используется в качестве генератора. Генератор возбуждается и регулируется разработанным авторами блоком автоматического управления электрической нагрузкой (БАУЭН-2) (11). Использование асинхронных двигателей экономичнее, чем синхронных. Избыточная мощность сбрасывается на трехфазный электрокотел 12 ($U = 220 \text{ В}$; $N = 4,5 \text{ кВт}$, по 1,5 кВт на каждой фазе). БАУЭН-2 имеет на наружной панели три вольтметра, три амперметра, частотомер и кнопку «пуск – стоп» полезной нагрузки, а на боковой панели – три трехфазные розетки для подключения генератора, полезной и балластной нагрузки в виде электрокотла. Кроме этого, на боковой панели для пуска наладочных работ установлено шесть однофазных розеток (три – для контроля полезной нагрузки и три – для контроля балластной нагрузки). Отработанная вода сливается в отводящий канал, далее обратно в реку, вниз по течению.

Мощность микро-ГЭС по измеренным в натуре данным определяется по формуле, кВт:

$$N = \eta \rho g H Q,$$

где η – КПД; ρ – плотность воды, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – высота от излива воды до уровня воды в отводящем канале, приблизительно равного диаметру колеса, м; Q – расход воды, м³/с
 $N = 0,2 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 \cdot 1 = 4906 \text{ Вт} = 4,9 \text{ кВт}.$

Использование микро-ГЭС в поселке Аргут Кош-Агачского района республики Алтай полностью удовлетворило потребность поселка в электро-снабжении.

Выводы. Как показывает практика, микро-ГЭС на диапазоны водотоков с напорами от 1 до 6 м и расходами от 0,1 до 3,0 м³/с на основе водоналивных колес и асинхронных электродвигателей, используемых в качестве генератора, с блоком автоматического управления электрической нагрузкой, являются более эффективными техническими решениями, позволяющими успешно конкурировать с другими энергоустановками для электроснабжения и энергосбережения автономных потребителей малой мощности. Применение микро-ГЭС с осевыми гидротурбинами в случае вышеуказанных диапазонов водотоков значительно дороже.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сёмкин Б.В., Бахтина И.А., Степанова П.В., Ильиных С.В. Перспективы автономной энергетики в Алтайском крае // Современные проблемы электроэнергетики – Алтай-2013. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. С. 93-96.
2. Бальзанников М.И. Решение проблем развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии в Среднем Поволжье // Научная школа академika Ю.С. Васильева в области энергетики и охраны окружающей среды: сб. науч. тр. СПб.: СПбГПУ, 2004. С. 25-39.
3. Бальзанников М.И., Елистратов В.В. Возобновляемые источники энергии. Аспекты комплексного использования / СГАСУ. Самара, 2008. 331 с.
4. Бальзанников М.И. Актуальные направления развития возобновляемой энергетики в Среднем Поволжье // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. Вып. 8. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуд. арх.-строит. ун-та, 2005. С. 173-185.
5. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В., Галицкова Ю.М. Развитие возобновляемой энергетики – важный вклад в обеспечение защиты окружающей среды // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3. С. 16-19.
6. Иванов В.М., Иванова Т.Ю., Иванова С.Г., Пчелинцев С.Г., Рожков П.В. Состояние электроэнергетики России и проблемы электроснабжения потребителей в удаленных и децентрализованных районах // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Ставрополь, 2012. № 2 (31). С. 54-57.
7. Бахтина И.А., Белицын И.В., Гизбрехт О.П. Определение основных критериев эффективности автономных электроэнергоустановок. Современные проблемы электроэнергетики. Алтай-2014 [Электронный ресурс]: сборник статей II Международной научно-технической конференции / Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. Барнаул, 2014. С. 19-28.
8. Бальзанников М.И., Иванов В.М. Гидротурбина для мини-ГЭС // Вестник МГСУ, 2013. № 12. С. 139-147.
9. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В. Усовершенствованные конструктивные решения гидро- и ветроэнергетических установок и выбор их основных параметров // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари (Проблемы энерго- и ресурсосбережения). Ташкент, 2013. № 3-4. С. 88-94.
10. Иванов В.М., Иванова Т.Ю., Свит П.П., Семкин Б.В. Энергосбережение с использованием микро-ГЭС на Колыванском камнерезном заводе // Ползуновский Вестник. 2013. Вып. 4-2. С. 84-89.
11. Иванов В.М., Свит П.П., Семкин Б.В., Иванова Т.Ю., Бахтина И.А. Использование возобновляемых источников энергии в Алтайском крае // Современные проблемы электроэнергетики – Алтай-2013. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. С. 54-57.
12. Бахтина И.А., Иванов В.М., Ильиных С.В. Экспериментальные исследования микро-ГЭС с осевой гидротурбиной на гидравлическом стенде // Ползуновский Вестник. 2013. Вып. 4-2. С. 12-19.
13. Патент на изобретение № 2371602. Осевая гидротурбина / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, А.А. Блинов. Заявка № 2008100434/06; Заявл. 09.01.2008; Оpubл. в Б.И., 27.10.2009, № 30.
14. Патент на полезную модель № 94288. Осевая гидротурбина / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, Е.П. Жданов. Заявка № 2009148247; Заявл. 24.12.09 г.; Оpubл. в Б.И., 20.05.10 г., Бюл. № 14.
15. Патент на полезную модель № 95560. Устройство для выработки электрической энергии из энергии воды / В.М. Иванов, Б.В. Сёмкин, Т.Ю. Иванова, Г.О. Клейн и др. Заявка № 2010105722; Заявл. 17.02.10. Оpubл. в Б.И. 10.07.10 г. Бюл. № 19.
16. Патент на полезную модель № 102065. Микро-гидро-электростанция / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, Г.О. Клейн и др. Заявка № 2010140030 Заявл. 29.09.10 г.; Оpubл. в Б.И. 10.02.11 г. Бюл. № 4.
17. Евдокимов С.В. Проблемы развития малой гидроэнергетики // Окружающая среда для нас и будущих поколений: Труды VII Международной конф. Самара – Астрахань – Самара, 2003. С. 177-179.

© Иванов В.М., Иванова Т.Ю., Бахтина И.А., Трутнев П.С., 2015

Об авторах:

ИВАНОВ Владимир Михайлович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: tgvv@mail.ru

ИВАНОВА Татьяна Юрьевна

кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: trodivilina@mail.ru

БАХТИНА Ирина Алексеевна

кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: bia-altai@mail.ru

ТРУТНЕВ Павел Сергеевич

аспирант кафедры теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: tgvv@mail.ru

IVANOV Vladimir

doctor of Engineering, Professor, Head of the Thermotechnics, Hydraulics and Water Supply, Wastewater Chair Altai State Technical University n.a. I.I. Polzunov
656099, Russia, Barnaul, Lenin Avenue, 46

E-mail: tgvv@mail.ru

IVANOVA Tatyana

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Thermotechnics, Hydraulics and Water Supply, Wastewater Chair

Altai State Technical University n.a. I.I. Polzunov
656099, Russia, Barnaul, Lenin Avenue, 46
E-mail: trodivilina@mail.ru

BAKHTINA Irina

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Thermotechnics, Hydraulics and Water Supply, Wastewater Chair

Altai State Technical University n.a. I.I. Polzunov
656099, Russia, Barnaul, Lenin Avenue, 46
E-mail: bia-altai@mail.ru

TRUTNEV Pavel

Post Graduate Student of chair Thermotechnics, Hydraulics and Water Supply, Wastewater Chair Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: tgvv@mail.ru

Для цитирования: Иванов В.М., Иванова Т.Ю., Бахтина И.А., Трутнев П.С. Автоматизированные гидроэнергетические установки для электроснабжения и энергосбережения автономных потребителей // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 106-111.

For citation: Ivanov V.M. Ivanova T.Yu. Bakhtina I.A., Trutnev P.S. Automated hydropower stations for power supply and energy saving of independent consumers // Vestnik SGASU, Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. 2015. № 3(20). Pp. 106-111.