**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**

**УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова**

**Диссертационный совет Д 05.12.002**

На правах рукописи

УДК.: 519.711.2:621.311.212

**ЖАБУДАЕВ ТУРУКМЕН ЖУСУПБЕКОВИЧ**

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МИКРОГЭС С УЧЕТОМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ**

Специальность 05.14.08 – Энергоустановки на основе возобновляемых

видов энергии

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

**Бишкек – 2013**

Работа выполнена на кафедре «Возобновляемые источники энергии» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова

|  |  |
| --- | --- |
| **Научный руководитель:** | доктор технических наук, профессор  **Обозов Алайбек Джумабекович** |
| **Официальные оппоненты:** | доктор технических наук, профессор  **Жамалов Ажумакан**  кандидат технических наук, доцент  **Дикамбаев Шамиль Бектурганович** |
|  |  |
| **Ведущая организация:** | **ОАО «Чакан ГЭС», Чуйская область Аламудунский район** |

Защита состоится «25» октября 2013 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 05.12.002 при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, г. Бишкек, 720044, по адресу: пр. Мира, 66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направить по адресу: 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66, Кыргызский государственный технический университет, диссертационный совет Д 05.12.002

Автореферат разослан 17 сентября 2013 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 05.12.002

кандидат технических наук, доцент Э.Б. Исакеева

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы диссертации.** Интенсивность потребления традиционного углеводородного топлива в последние годы с одной стороны приводят к резкому снижению его запасов с другой стороны к интенсивному загрязнению окружающей среды. В этой связи поиск новых альтернативных экологически чистых источников энергии представляется весьма актуальной и важной задачей энергетики. В последние годы проводятся интенсивные исследования и разрабатываются новые инновационные технологии использования возобновляемых источников энергии солнца, ветра, малых водотоков, биомассы и т.д. Одной из наиболее привлекательной и перспективной представляется энергия горных водотоков. Если вопросы использования гидроэнергии для крупных ГЭС являются достаточно проработанными и широко используемыми, то вопросы использования малых горных водотоков для энергоснабжения автономных потребителей требует еще необходимости проведения серьезных фундаментальных исследований и разработки научно-обоснованных методов расчета и проектирования микрогидроэлектростанций. **В особенности это актуально** для Кыргызской республики, где более 94% территории занимают горные массивы, с которых стекают десятки сотен малых водотоков и имеются сотни тысяч автономных потребителей, не подключенных к централизованной системе энергообеспечения. Эти потребители могли бы эффективно получать электроэнергию за счет установки на этих водотоках микроГЭС небольших мощностей.

Электроснабжение малых рассредоточенных потребителей за счет использования микроГЭС, требует необходимости решения вопросов оценки запасов горных водотоков, изучения характера и особенностей местности, знания гидрологических параметров водотока (расход, перепад и т.д.), анализ и создания базы данных по имеющимся горным водотокам, разработки моделей выбора и оптимизации типов микроГЭС с учетом видов гидротурбин. При этом немаловажное значение принимают вопросы систематизации и классификации водотоков по возможным мощностям, напорам и расходам и соотношения их с типами автономных потребителей, необходимо разработать новую автоматизированную технологию выбора типовых видов не только элементов конструкции микроГЭС, но и непосредственно её самой в целом. Решению этих задач и посвящена настоящая диссертационная работа. Их реализация осуществлена на базе изучения энергетических ресурсов малых горных водотоков в зонах летних пастбищ и мест расположения сезонных и стационарных хозяйствующих объектов на примере наиболее характерных для республики Нарынской зоны и Суусамырской долины.

Большой вклад в разработку проблемы комплексного использования земельных, водных и гидроэнергетических ресурсов внесли В.А. Васильев, Н.Н. Епанчин, Г.А. Александров, Л.С.Берга, Б.А. Федорович, М.Я. Громов, И.Я. Каминский, В.С. Луговой М.Н. Большаков, Ф.П. Лисицын, М.С. Рамазан, В.С. Сапожников и другие исследователи. Исследованиями малых водотоков, определением их удельной мощности для электроснабжения рассредоточенных объектов в условиях Кыргызской республики занимались также Токомбаев К.А., Сулайманов М.С., Кораблев А.Д., Мелешко Н.С. и др.

**Связь темы диссертации с основными научно-исследовательскими работами.** Работа выполнялась в НИИ Энергетики и связи при КГТУ им. И. Раззакова по заказу МОиН КР в рамках следующих научных проектов: «Исследование вопросов привлечения инвестиций в строительство ГЭС Кыргызстана» (2002 г.), «Исследование и разработка низконапорной микрогидростанции» (2006-2007 гг.), «Создание опытно-промышленного образца низконапорной микроГЭС» (2008 г.), «Исследование и разработка нетрадиционных технологий и технических средств с использованием ВИЭ в целях обеспечения устойчивого развития ТЭК Кыргызстана» (2009 г.).

**Целью диссертационной работы** является разработка научно обоснованной модели, алгоритма расчета и метода выбора рациональных параметров микроГЭС с учетом гидрологических особенностей малых водотоков.

**Задачи исследования:**

* анализ современного состояния обеспеченности электроэнергией автономных потребителей.
* изучение гидроэнергоресурсов малых рек Ат-Баши, Суусамыр, Западный Каракол, Кокомерен и др.
* оценка энергетической мощности водотоков и построения рационального мощностного ряда микроГЭС.
* определение характеристик нагрузок автономных потребителей и их классификация.
* разработка алгоритма выбора типа гидротурбины для микроГЭС в зависимости от гидрологических параметров малых водотоков.

**Научная новизна полученных результатов:**

* Впервые получены и систематизированы гидрологические данные притоков и подпритоков рек Ат-Баши, Суусамыр, Западный Каракол, Кокомерен и др.
* Предложена методика типизации автономных потребителей по типу графика нагрузки и определен мощностной ряд микроГЭС для таких потребителей.
* Впервые разработана модель рационального выбора типа гидротурбины и на их основе микроГЭС.
* Впервые разработан алгоритм, компьютерная программа (патент №266 от 19.03.2013 г.) и предложена технология выбора экономически оправданной микроГЭС.

**Практическая значимость полученных результатов.**

* Создан банк данных гидрологических параметров рассмотренных малых водотоков Нарынской зоны и Суусамырской долины.
* Разработанная методика выбора типа гидротурбины для микроГЭС позволяет осуществить поиск наилучшего типа микроГЭС для автономного потребителя.
* Программа определения мощности водотока, выбора типа гидротурбины и экономически выгодного типа микроГЭС используются в образовательном процессе при подготовке студентов соответствующих специальностей.
* Созданный алгоритм и программа используется в институте водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии наук Кыргызской Республики для оценки мощностей малых водотоков.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

* Программа определения единичных мощностей малых водотоков.
* Разработанная модель рационального выбора типа гидротурбины для микроГЭС на основе гидрологических данных малых водотоков.
* Разработанный алгоритм, компьютерная программа и технология выбора экономически оправданной микроГЭС.

**Реализация результатов.** Результаты исследований были использованы при внедрении микроГЭС мощностью 5 кВт на реке Бурана в Чуйской области и микроГЭС мощностью 1 кВт на реке Чон Кызыл Су Иссык-Кульской области. Использованы в учебном процессе кафедры «ВИЭ» КГТУ им. И. Раззакова, кафедр «ЭЭ» и «ЭиЭМ» ОшТУ им. М.М. Адышева.

**Личный вклад соискателя**. Все научно-технические результаты диссертационной работы, в основном, получены лично автором под руководством научного руководителя.

**Апробации результатов диссертации**. Основные результаты диссертации автором опубликованы в специализированных журналах. Докладывались и обсуждались на международных и республиканских научно-технических конференциях, 2008 год г. Ош, (Кыргызстан), 2009 г. г. Алматы (Республика Казахстан), а также различных научных семинарах и круглых столах проводимых в КГТУ им. И. Раззакова. Также результаты работы докладывались на расширенном заседании кафедры «ВИЭ», на научных семинарах НИИ Энергетики и связи при КГТУ.

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликовано 7 научных статей, рекомендованных ВАК КР из них - 1 статья - в зарубежном научном журнале (Республика Казахстан), 4 - единоличных работ и одно авторское свидетельство на программу для ЭВМ в Государственной патентной службе Кыргызской республики.

**Структура и объем диссертации**. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 108 наименований и четырех приложений. Содержательная часть изложена на 151 страницах компьютерного текста, содержит 25 таблиц, 63 рисунка.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели, задачи исследования и основные направления исследований.

**Первая глава** посвящена исследованию гидроэнергетических ресурсов малых горных рек Ат-Баши, Суусамыр, Западный Каракол, Кокомерен и др. Проведен анализ использования энергии этих рек, энергообеспеченности автономных потребителей, обсуждаются методы оценки перспективности их использования для обеспечения электроэнергией автономных потребителей.

Проведен анализ количества и протяженности малых горных водотоков, в рассматриваемых районах республики, их водоносность в зависимости от сезона года, и определены естественные уклоны русла водотоков.

Оценка стока малых водотоков, со средним расходом до 1500 л/с, (1,5 м3/с), произведена на основе натурного изучения их водности в характерные периоды изменения водности.

Обследование и изучение режима водности малых водотоков проводились в период с июня по сентябрь, когда в районе вечных снегов и ледников устанавливается стабильный температурный режим. По проведенным наблюдениям на всех высокогорных пастбищах в этот период имеет место незначительные колебания стока малых водотоков (табл. 1).

Таблица 1 - Гидроэнергетический потенциал малых рек КР

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Области | Потенциальная энергетическая мощность тыс. кВт | Потенциальная энергия, млн. кВт·ч | Технически приемлемый потенциал, млн. кВт·ч |
| Чуйская | 640 | 5545 | 500 |
| Иссык-Кульская | 2005 | 17390 | 1700 |
| Таласская | 354 | 3104 | 320 |
| Нарынская | 2032 | 17784 | 1600 |
| Ошская | 2641 | 23204 | 2300 |
| Жалал-Абадская | 1728 | 15045 | 1600 |
| Всего | 9400 | 82072 | 8020 |

На рис. 1 приведены районы размещения автономных потребителей, водотоки которых могут быть использованы для электроснабжения. Как видно эти районы составляют более 75% общей площади размещения кочевых объектов (на рисунке эти районы заштрихованы).

Согласно норм технологического проектирования животноводческих объектов, являющихся одним из наиболее распространённых автономных потребителей, отгон скота от места стоянки в горной местности допускается на расстоянии не более гст=1,5-2,0 км.

Если рассматривать площадь пастбища, используемую с места одной стоянки, как площадь круга ***Sст*** с диаметром 2·гст=2·1,5=3 км, то его величина составит в котором диаметр является минимальной длиной *Lмин* (км) водотока, позволяющей его использовать в качестве энергоисточника. Отсюда, минимально допустимая плотность (γ, км/км2) размещения водотоков, (количество километров водотоков на 1км2 пастбищ), при которой, их еще можно использовать в качестве энергоисточников для автономных потребителей, имеет величину:



(1)

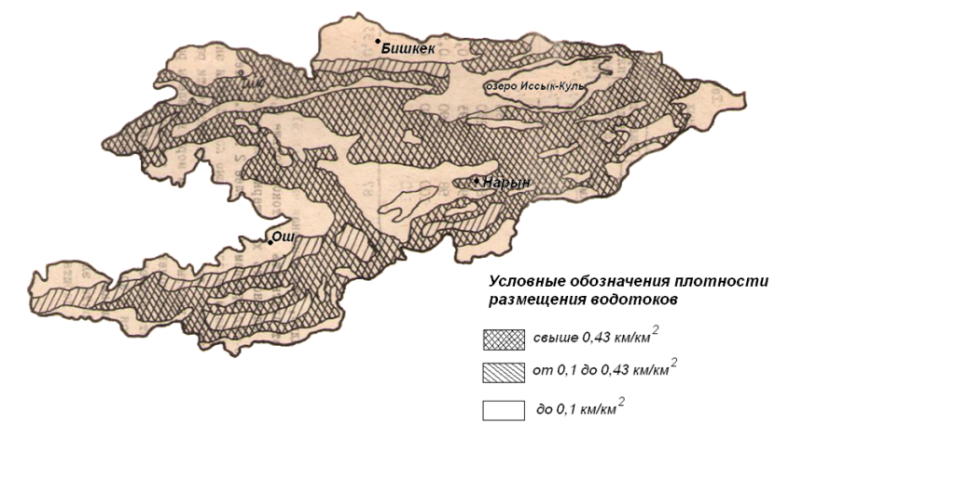


Рис. 1. Плотность размещения водотоков в районах с кочевыми потребителями энергии

В этом случае объект находится в непосредственной близости от ручья или реки, и гидроэнергия может быть использована без строительства протяженных электрических сетей. Из рис. 1 также видно, что примерно 60 % общего количества автономных объектов находятся в зоне размещения водотоков, с плотностью более 0,43 км/км2.

Установлено, что плотность нахождения водотоков на пастбищах и высота местности имеет корреляционную связь – чем больше высота местности над уровнем моря, тем выше плотность размещения водотоков (табл.2).

Таблица 2 - Плотность нахождения водотоков на пастбищах в зависимости от высоты н.у.м.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота над  уровнем моря, км | Территория пастбищ, | | | Общая длина водотоков на обследов. территории,  км | Средняя плотность  Размещения водотоков |
| обследованная | в том числе с плотностью не более 0,43 / | |
| кол-во | % |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| До 1,0 | 200 | 6 | 3 | 7 | 0,04 |
| От 1,0 до 1,5 | 350 | 142 | 40 | 60 | 0,17 |
| От 1,5 до 2,0 | 450 | 376 | 83 | 230 | 0,51 |
| От 2,0 до 2,5 | 1050 | 1020 | 97 | 593 | 0,56 |
| От 2,5 до 3,0 | 700 | 685 | 98 | 390 | 0,56 |
| Продолжение таблицы 2 | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| От 3,0 до3,5 | 400 | 400 | 100 | 270 | 0,68 |
| Свыше 3,5 | 150 | 150 | 100 | 147 | 0,92 |
| Итого: | 3200 | 2279 | 87 | 1700 | 0,53 |

Как видно из табл. 2 водотоками обеспечены объекты, расположенные на высоте: более 1,5 км – основная часть; более 3,0 км – практически все имеют возможность быть обеспеченными за счет малых водотоков.

При определении зоны установки микроГЭС на разных участках каждого пастбища использованы обработанные результаты натурных обследований водотоков с точки зрения водности, уклонов и состояния русла. Была выполнена систематизация малых водотоков рассмотренных пастбищ по величине возможного снятия мощности.

Мощности водотока в этом случае могут быть определены

(2)



где Н - напор в м.



Показатель расхода воды определяется по формуле

(3)



где: *Q* – расход воды, м3/с; *h* – глубина потока, м; *b* – ширина потока, м; *υ* – скорость потока, м/с; *f* – коэффициент потока. Для этой формулы необходимо применять показатель коэффициента потока (*f=0,5…0,8*).

На основе изучения особенностей формирования малых горных водотоков и их гидрологии, они классифицированы на две категории – основной и приток (подприток). Водоток, образованный несколькими более малыми и впадающие в реку, назвать основным, а формирующие его – притоком и подпритоком.

**Вторая глава** посвящена определению рационального мощностного ряда автономных потребителей и их типизацию по графикам нагрузки. Разработке методики выбора наиболее рациональной микроГЭС на основе установленных гидродинамических параметров турбин.

Автономные потребители по типу нагрузок разделены на 4 группы:

* Нагрузки, имеющие равномерный график в течение суток, например, насосные станции.
* Нагрузки, имеющие неравномерный график. Например, отдельный жилой дом, отдельная деревня, сельскохозяйственные производственные потребители и др. Эта группа нагрузок является наиболее распространенной.
* Потребители, нагрузка которых в течение суток включаются периодически, например, дойка коров.
* Потребители, работающие сезонно: летние МТФ, насосные станции орошения, зоны отдыха, детские лагеря, пункты стрижки, купки овец, заготовка кормов, приводы затворов водяных выпусков ирригационных каналов и другие.

Последняя группа потребителей имеет очень малое число часов работы в течение года.

Как показали проведенные исследования, автономные потребители, работающие на отгонных пастбищах, имеют потребную мощность в бытовых приборах в пределах 1-4 кВт. Эта группа потребителей энергии разделена на 3 подгруппы.

Подгруппа I - электроприборы нагревательные 1,0-2,0 кВт, подгруппа II -бытовая техника 1,5 кВт и подгруппа III - электроприемники производственного назначения 1,5-3,0 кВт.

Как правило, бытовые и производственные электроприемники работают не одновременно. Отсюда следует, что при установке микроГЭС небольших мощностей, например до 3 кВт, полезная типовая потребная мощность у потребителя при включении всех приборов может оказаться значительно выше номинальной мощности микроГЭС. Обычно в таких случаях для стационарных потребителей подбирают по максимальной мощности однако анализ графиков потребления энергии у рассматриваемых автономных потребителей показал, что они имеют свою специфику и, как правило, суточная нагрузка получается более или менее распределена во времени равномерно, поэтому микроГЭС с номинальной мощностью меньше чем максимальная потребная мощность потребителя достаточно успешно работают (рис. 2).

Рис. 2. График нагрузки 3 кВт

Если в пике суточного графика нагрузки имеется группа однородных потребителей, то при полном энергопотреблении каждый из них должен потреблять мощность ,



, (4)



где - единичная мощность потребителей с жестким производственным режимом; - единичная мощность потребителей с гибкими производственными процессами.

При появлении дефицита мощности процессы с гибким режимом работ могут быть смещены во времени в менее напряженные часы суток. Тогда в момент напряженного часа каждый из ограничиваемых потреблений будет иметь мощность не , а , т.е. в часы пик остаются только нагрузки с жестким режимом.



На основании полученных гидрологических данных произведена оценка энергетических ресурсов при разных типах гидротурбин.

Для характеристики количества механической энергии использовали понятие удельной энергии, т.е. энергии водотока, взятой в количестве единицы ее веса, что в соответствии с известным уравнением Д. Бернулли для несжимаемой и невязкой жидкости можно записать

(5)



где – удельная энергия положения над какой-то горизонтальной плоскостью сравнения; *P* – давление, кг/м2, отсчитываемое от нуля или атмосферного давления и тогда называемое избыточным; – объемный вес воды, кг/м3; - скорость водного потока, м/с; – ускорение силы тяжести, м/с2.

Первая составляющая уравнения (5) представляет собой энергию положения, вторая – энергию давления, а третья – кинетическую энергию скоростного напора.

Для подсчета гидроэнергоресурсов рассматриваемых рек использован метод сплошного руслового подсчета.

Согласно такому подходу потенциальная мощность участка водотока может быть определена как

(6)



где – расход в начале участка, м3/с; – расход в конце участка, м3/с; – падение участка, м.

Тогда потенциальная мощность всего водотока может быть определена как сумма мощностей отдельных его участков

Полученная зависимость показывает, что для определения средней годовой мощности водотока необходимо, в первую очередь, знать его водоносность. Поэтому характеристики среднего стока являются главными при подсчетах гидроэнергетических ресурсов.

Для сопоставления и анализа гидроэнергетической ценности отдельных водотоков и их участков сравним абсолютные значения энергетических ресурсов, при помощи удельных показателей, представляющая среднюю для данного участка мощность водотока, приходящуюся на один км длины участка

, [кВт/км] (8)



Аналогично можно представить показатель километрической энергии

, [кВт∙ч/км] (9)



где *,*  - соответственно мощность и энергия, приходящиеся на весь участок водотока; - общая длина участка водотока, км.



При помощи этих показателей исследованы степень концентрации гидроэнергии на отдельных участках водотока и выявлены наиболее ценные из них.

Подставляя в (8) значения из (6) имеем



(10)



Этот показатель можно выразить через величину продольного уклона водотока , тогда



кВт на 1 км (11)



Отсюда следует, что весьма важным качественным линейным показателем гидроэнергетических ресурсов малых водотоков является продольный уклон водотока или отдельных его участков - ***i***. Величина продольного уклона, во-первых, играет существенную роль в предварительных расчетах при классификации водотока на энергетические ступени и при выборе наиболее экономически оправданном типе микроГЭС. Во-вторых, величина продольного уклона может служить в качестве косвенного технико-экономического показателя при сравнении энергетической ценности участков водотока, имеющих уклоны более 0,01, т.е. где наиболее перспективна установка микроГЭС.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что расчет мощности водотока в зависимости от типа гидротурбины применяемого в микроГЭС, определяется выражениями:

* при двукратной, пропеллерной и диагональной турбинах

(12)



* при водоналивном колесе

(13)



* при водоподливном колесе

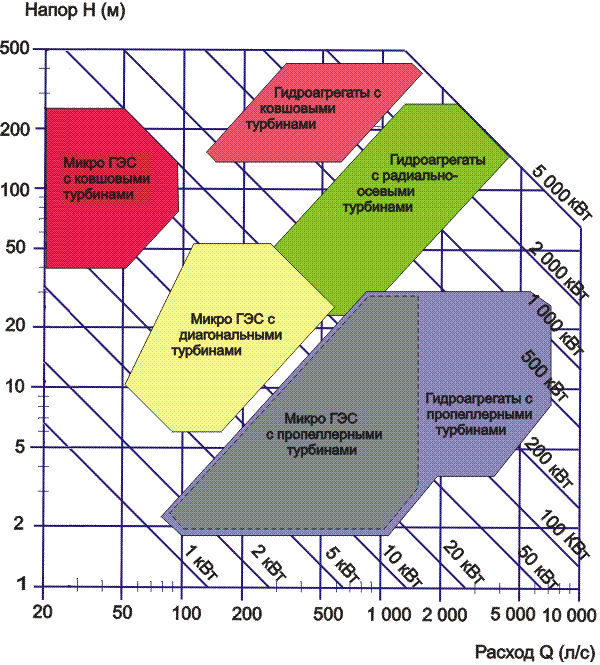
(14)



* при гидродвигателе с изменяющимся положением лопаток

(15)



В результате проведенных исследований с учетом особенностей водотоков построены гистограммы определения наиболее перспективных и приемлемых типов гидротурбин, обеспечивающие максимальную эффективность работы микроГЭС (рис. 3).

Для рассматриваемых типов водотоков подобраны гидротурбины с наиболее приемлемыми технико-экономическими параметрами и рациональными мощностями для автономного потребителя. Некоторые из них в качестве примера приведены на рис. 4.

Рис. 3. Диапазоны эффективной работы различных типов гидротурбин

|  |  |
| --- | --- |
| *Описание: D:\Суусамыр\МикроГЭС\МикроГЭС ст\микроГЭС\Приемка инкрафт\HPIM0542.JPG* | *Описание: 1243_2* |
| Рис. 4. Некоторые типы микроГЭС для энергоснабжения автономных потребителей (*а* – турбина типа «Банки», *б* – пропеллерная турбина) | |

Представленные гидротурбины имеют хорошие перспективы для работы на малых горных водотоках с расходом 0,05-0,50 *м3/с* и скоростью течения не менее 0,7 м/с.

**Третья глава** посвященаразработке алгоритма выбора и расчета основных параметров и мощности микроГЭС. Приведена структурная модель данного алгоритма на основе, которой разработана универсальная программа расчета потенциальных мощностей водотоков для заданных створов горных рек и выбора типа микроГЭС требуемой мощности.

Для выбора типа микроГЭС с требуемой мощностью для потребителя были получены обобщенные данные по уклонам, водности, характеру русла водотока и т.д., на основании которой разработан метод расчета микроГЭС с требуемыми параметрами.

Структурная модель алгоритма решениявыше указанной задачи включает в себя следующие взаимосвязанные функциональные модули:

* модуль формирования базы данных по рекам;
* модуль формирования базы данных о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах;
* модуль формирования базы данных о существующих типах микроГЭС;
* модуль расчета потенциальных мощностей отдельно выбранных рек Кыргызстана в соответствующих створах рек;
* модуль выбора наилучших типов из множества микроГЭС.

1. *Структурная модель**вычислительного**модуля* (*ВМ1*) *формирования базы данных по рекам* (*рис. 5*).

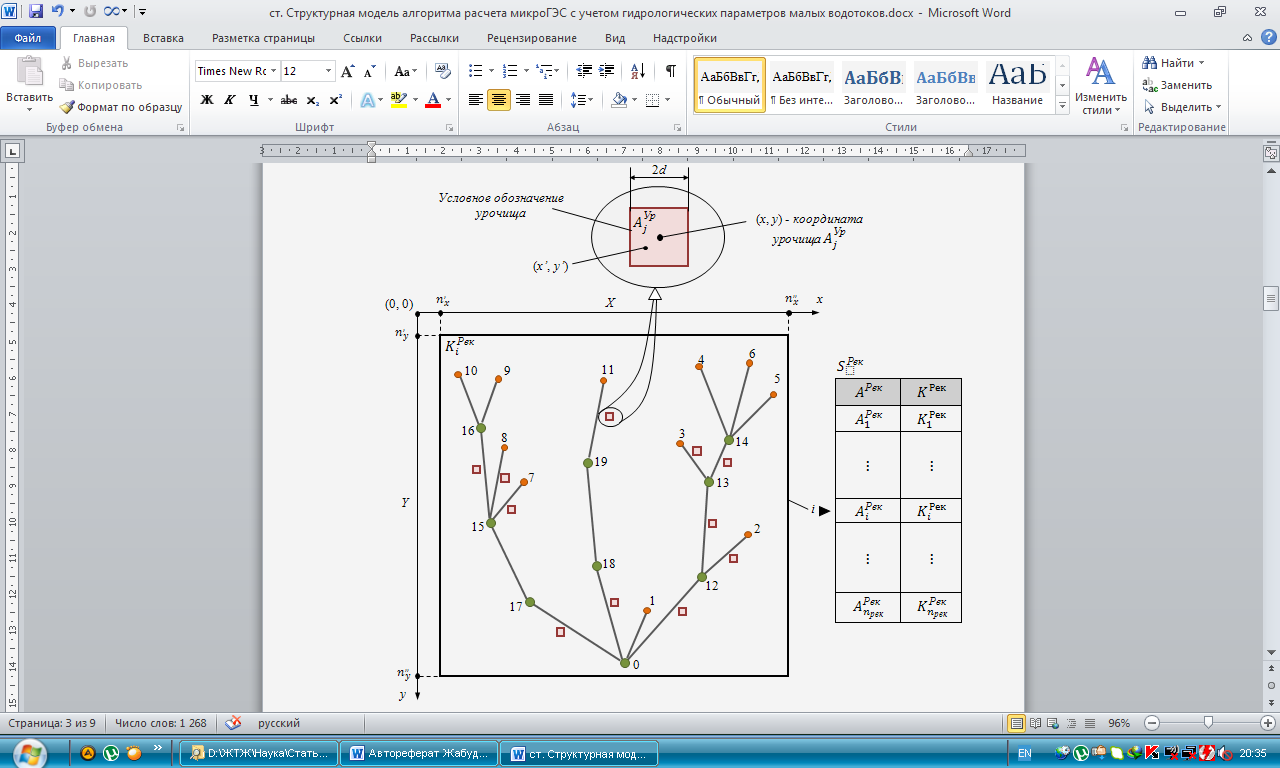


Рис. 5. Географическая карта абстрактной реки , имеющая древовидную структуру, где приняты следующие условные обозначения:

- урочище; - сток реки (ледник); - узлы соединения отдельных участков реки.

Данный модуль позволяет формировать базу данных о реках Кыргызстана в виде географических карт, модель которого описывается с помощью следующих выражений (см. рис. 5):

а) отображение , сопоставляющее каждой реке вполне определенную карту:

, (16)

,

,

;

где – множество рек; – множество географических карт рек; – однозначное отображение (16), являющееся множеством пар , ; – имя *i*-ой реки; – карта *i*-ой реки.

б) отображение , сопоставляющее каждой точке экрана вполне определенный цвет:

, (17)

, ,

, ,

, ,

,

, ,

где - в свою очередь есть однозначное отображение (17), являющееся множеством рек , , ; *X* – множество координат по оси x экрана; *Y* – множество координат по оси y экрана; С – множество номеров цветов в палитре; (*x*, *y*) – координата точки экрана, а - номер цвета точки (*x*, *y*) экрана.

1. *Структурная модель**вычислительного**модуля* (*ВМ2*) *формирования базы данных о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах* (см. рис. 5 и 6) с указанием их координат (*x*, *y*) на карте рассматриваемых рек.

а) отображение , сопоставляющее каждому *i*-му урочищу из множества вполне определенную точку карты реки на экране (см. таблицу на рис. 6):

, (18)

, ,

,

,

,

, , , ,

=n\_Ур;

б) отображение , сопоставляющее каждому урочищу , с заданными координатами на карте вполне определенные данные о гидрологических характеристиках створов рек при соответствующих урочищах (см. таблицу на рис. 6):

, (19)

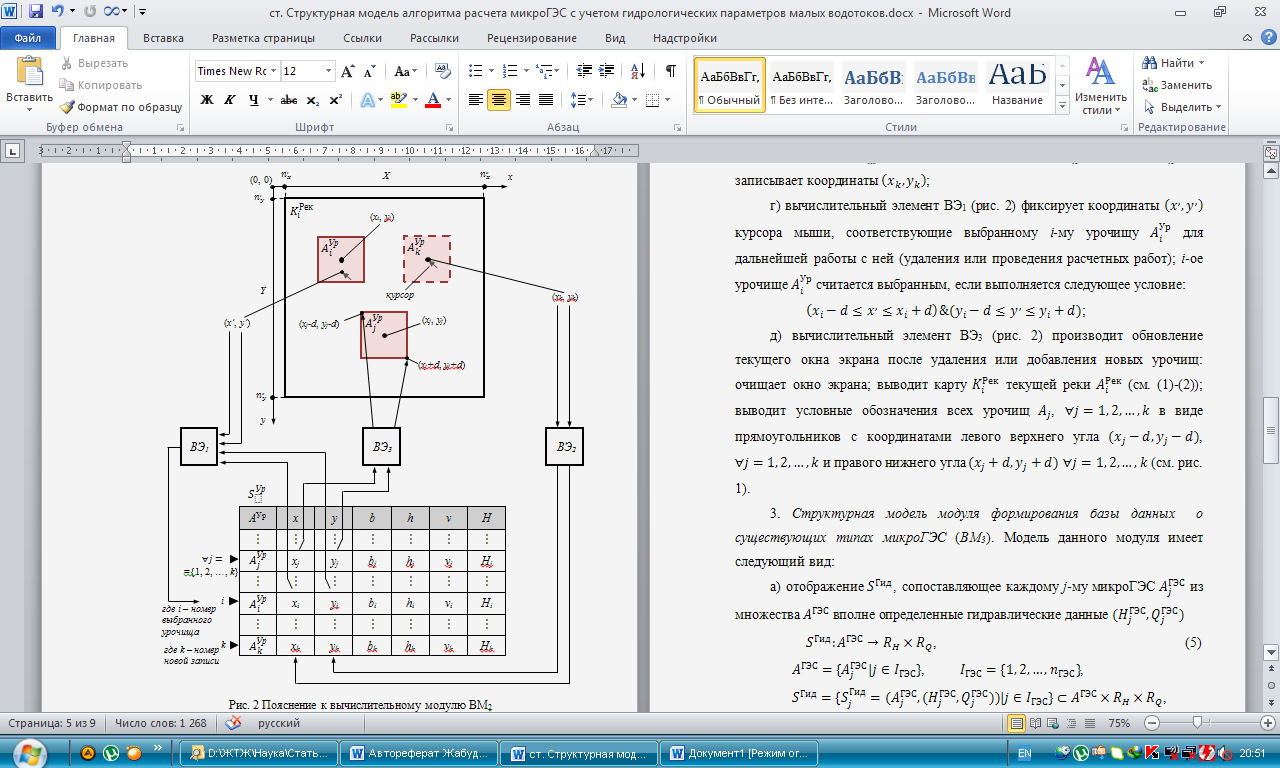


Рис. 6. Пояснение к вычислительному модулю ВМ2

,

,

,

, , , ,

,

где – ширина гидропоста; – глубина воды; – скорость течения воды; – напор.

в) вычислительный элемент ВЭ2 (рис. 6) фиксирует координаты курсора мыши, соответствующие вновь вводимому урочищу ; к концу базы данных добавляет новую *k*-ю запись , т.е. , и записывает координаты ;

г) вычислительный элемент ВЭ1 (рис. 6) фиксирует координаты курсора мыши, соответствующие выбранному *i*-му урочищу для дальнейшей работы с ней (удаления или проведения расчетных работ); *i*-ое урочище считается выбранным, если выполняется следующее условие:

;

д) вычислительный элемент ВЭ3 (рис. 6) производит обновление текущего окна экрана после удаления или добавления новых урочищ: очищает окно экрана; выводит карту текущей реки (см. (16)-(17)); выводит условные обозначения всех урочищ , в виде прямоугольников с координатами левого верхнего угла , и правого нижнего угла (см. рис. 5).

1. *Структурная модель**модуля формирования базы данных о существующих типах микроГЭС* (*ВМ3*). Модель данного модуля имеет следующий вид:

а) отображение , сопоставляющее каждому *j*-му микроГЭС из множества вполне определенные гидравлические данные

, (20)

, ,

,

,

,

, , , .

б) отображение , сопоставляющее каждому *j*-му микроГЭС с заданными гидравлическими данными вполне определенные данные об электрических характеристиках и об экономических и прочих характеристиках

(21)

,

где - мощность; - напряжение; - частота; - стоимость; - относительная цена за кВтч.

1. *Структурная модель вычислительного модуля* (*ВМ4*) *расчета потенциальных мощностей в соответствующих створах рек при разных типах гидротурбин* (*ВМ4*). Модель данного модуля имеет вид (рис. 7):

а) отображение , сопоставляющее каждому *j*-му типу турбины из множества вполне определенную модель из библиотеки (множества) моделей различных типов турбин

, (22)

, ,

,

,

,

, ;

б) функциональное отображение , , описывающее структуру модели каждого *j*-го типа турбины

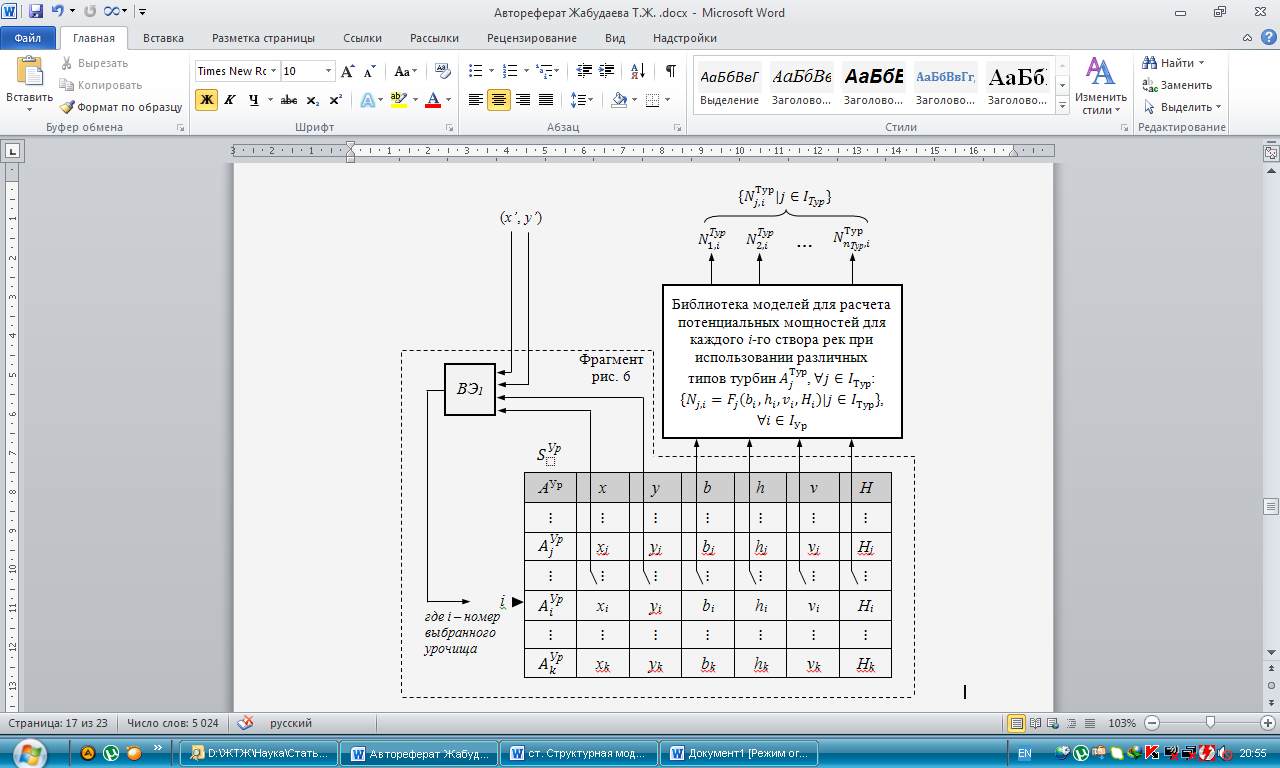


Рис. 7. Пояснения к вычислительному модулю ВМ4

, , (23)

где - множество различных значений мощностей, соответствующее *j*-му типу турбины; – множество, описанное в (19).

На основе (23) с учетом выражения из (19) получим библиотеку моделей для расчета потенциальных мощностей для каждого *i*-го створа рек при использовании различных типов турбин , :



, . (24)

1. *Структурная модель вычислительного модуля* (*ВМ5*) *выбора наилучших типов из множества микроГЭС* (*рис. 8*). Модель выбора описывается с помощью выражения:

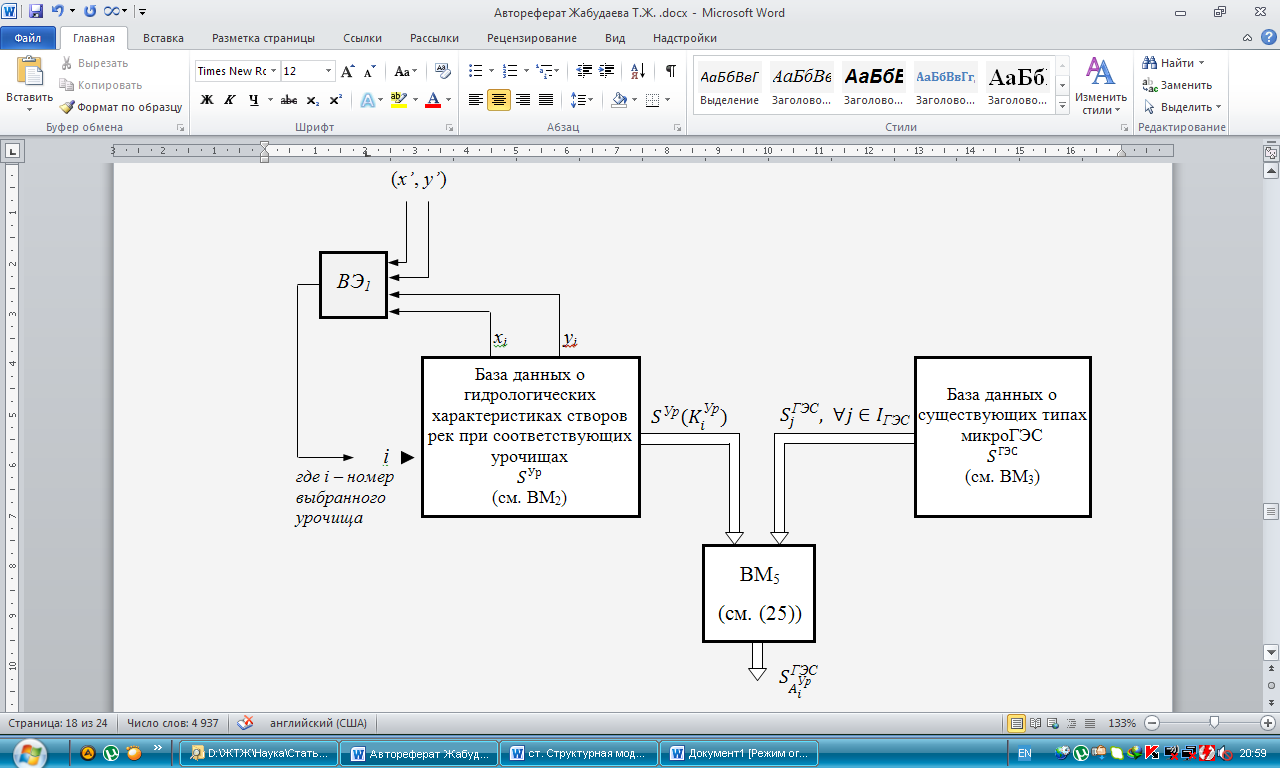
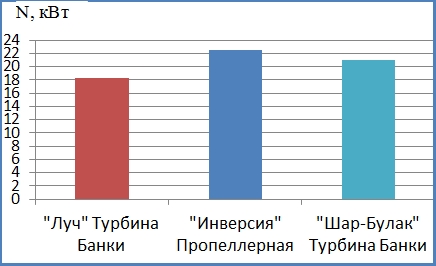


Рис. 8. Пояснение к вычислительному модулю ВМ5

(25)

где - множество наилучших типов микроГЭС для *i*-го урочища , .

Рис. 9. МикроГЭС с наиболее рациональными типами гидротурбин для р. Кара-Булак



Структурная модель расчета потенциальных мощностей в соответствующих створах рек при разных типах гидротурбин, описанная с помощью выражений (22)-(24) позволяет создать библиотеку моделей для расчета потенциальных мощностей для каждого i–го створа рек при использовании различных типов турбин , : определение мощности показано на примере =«Кара-Булак». Рассматривается потенциальная мощность водотока с учетом установки n микроГЭС. Для выбранного створа реки =«Кара-Булак» выбраны наилучшие турбины (рис. 9), которые соответствуют по напору и расходу.

N, кВт

**В четвертой главе** проведены экспериментальные исследования и осуществлен анализ полученных результатов с результатами расчетов построенной модели, а также проведен сравнительная технико-экономическая оценка эффективности микроГЭС по сравнению с другими автономными системами энергоснабжения малоэнергоемких потребителей.

Для проведения экспериментальных исследований и оценки достоверности полученных результатов исследования был разработан и создан испытательный стенд (рис. 10).



Рис. 10. Экспериментальный нагрузочный стенд для микроГЭС

Созданный опытный образец микроГЭС (рис. 11) был также апробирован в реальных практических условиях на р. Чон Кызыл Су и Тамга – Иссык-Кульской области единичной мощностью 1 кВт при напоре и расходе .



Рис. 11. МикроГЭС мощностью 1 кВт

Анализируя результаты проведенного эксперимента можно сделать вывод, что при нагрузке 500 Вт при достижении 28 Гц подключается нагрузка, но из-за малости расхода и напора происходит сброс нагрузки. При напоре 2 м и расходе 130 л/с микроГЭС выдает 1 кВт и сохраняет частоту 50 Гц.

Для определения зависимости числа оборотов турбины от расхода воды был проведен цикл исследований при различной нагрузке, начиная от холостого хода заканчивая максимальной нагрузкой. По результатам экспериментов построены зависимости (рис. 12). При частоте вращения гидроагрегата 1500 об/мин напряжение на генераторе падает пропорционально увеличению нагрузки, однако при этом выходное напряжение стабилизатора держит стабильное значение в 220 В, при напоре Н=2 м и расходе Q=130 л/с.

Следовательно, частота вращения гидроагрегата и частота тока может

Рис. 12. График зависимости числа оборотов гидротурбины от расхода воды

существенно изменяться в зависимости от энергии рабочего потока воды и колебаний величины полезной нагрузки, балластной-стабилизирующей мощности, развиваемой гидротурбиной. Для стабилизации номинальной частоты переменного тока микроГЭС необходимо так изменять мощность результирующей нагрузки энергоустановки, чтобы частота вращения системы «генератор-гидротурбина» оставалось неизменной при изменении энергии рабочего потока воды и колебаниях мощности полезной нагрузки (рис. 12).

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили адекватность разработанной методики расчета и выбора микроГЭС согласно разработанной модели и компьютерной программы.

Для технико-экономической оценки и эффективности использования различных автономных источников энергии были рассмотрены фотоэлектрические станции (ФЭС), ветроэнергетические установки (ВЭУ), дизельные электростанции (ДЭС) и микроГЭС

Оценка практической эксплуатации этих установок в условиях КР показал, что использование ФЭС весьма ограничено в силу их высокой стоимости, и они не представляются в настоящее время перспективными для автономных потребителей. ВЭУ по стоимости являются более привлекательными, однако их перспектива ограничена ветровым ресурсом. Как правило, там, где есть потребитель, отсутствует ветер и наоборот.

Наиболее распространенным и конкурентоспособным источником энергии для автономных потребителей в республике являются ДЭС, в связи с этим сравнительный анализ микроГЭС был проведен с ДЭС.

Расчеты показали, что цена за 1 кВт∙ч вырабатываемой энергии для дизельных генераторов составляет 21,2 сом/кВт∙ч, микроГЭС - 1,68 сом/кВт∙ч. Из расчета видно, что стоимость 1кВт∙ч выработки электроэнергии установками микроГЭС намного ниже по сравнению с ДЭС.

Экономическая эффективность микроГЭС мощностью 1 кВт составляет 2,5 тыс. сом/год. При производстве 100 штук установок в год эффект может составить 250 тыс. сомов. Фактически же потребность республики в таких установках исчисляется десятками тысяч.

**ВЫВОДЫ**

В ходе проведенных исследований автором решены следующие научные и практические задачи:

- выполнен анализ современного состояния обеспеченности электроэнергией автономных потребителей;

- впервые получены гидрологические данные притоков и подпритоков рек Ат-Баши, Суусамыр, Западный Каракол, Кокомерен и др.;

- проведена оценка энергетической мощности водотоков и построен рациональный мощностной ряд микроГЭС;

- предложена методика типизации потребителей и мощностного ряда микроГЭС;

- разработана модель выбора рационального типа гидротурбины и на их основе микроГЭС в зависимости от гидрологических параметров малых водотоков;

- разработан алгоритм, компьютерная программа и на ее основе впервые предложена технология выбора экономически оправданной микроГЭС;

- создан банк данных микроГЭС с различными типами гидротурбин;

- установлено, что микроГЭС по сравнению с другими автономными источниками является наиболее предпочтительными, а экономическая эффективность с учетом потенциала малых водотоков может достигать сотни тысяч сомов.

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Жабудаев Т.Ж. О методике оценки энергетических ресурсов мелких водотоков. [Текст] / Т.Ж. Жабудаев // «Современное состояние и актуальные проблемы развития энергетики», Материалы международной научно-технической конференции. КУУ. – Ош. - 2008. - №3 (25). – С. 96-97.
2. Жабудаев Т.Ж. О методике сравнительной оценки эффективности микроГЭС для индивидуального пользования. [Текст] / Т.Ж. Жабудаев // «Современное состояние и актуальные проблемы развития энергетики», Материалы международной научно-технической конференции. КУУ. – Ош. - 2008. - №3 (25). – С. 215-216.
3. Жабудаев Т.Ж. Оценка энергоресурсов мелких горных водотоков для строительства микроГЭС. [Текст] / Т.Ж. Жабудаев // Вестник Алматинского института энергетики и связи. Алматы, 2009 г. -№2. – С. 29-35.
4. Жабудаев Т.Ж. Методика расчета и выбора мощности мелкого водотока для гидродвигателей, использующих кинетическую энергию воды. [Текст] / С.С. Кадыркулов, Т.Ж. Жабудаев // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2011. - №1. – С.24-27.
5. Жабудаев Т.Ж. К вопросу энергообеспечения объектов отгонного животноводства Суусамырской долины. [Текст] / С.С. Кадыркулов, Т.Ж. Жабудаев // Известия КГТУ. - Бишкек, 2011. - №23. - С. 84-86.
6. Жабудаев Т.Ж. Анализ и обоснование выбора типа гидротурбины для микроГЭС. [Текст] / Т.Ж. Жабудаев // Известия НАН КР. - Бишкек, 2013. - №1. - С. 29-32.
7. Жабудаев Т.Ж. Структурная модель алгоритма расчета микроГЭС с учетом гидрологических параметров малых водотоков. [Текст] / М.С. Асанов, А.Дж. Обозов, Т.Ж. Жабудаев // Известия КГТУ. - Бишкек, 2013. - №28. - С. 152-159.
8. Патент на программу расчета и выбора типа гидротурбин для микроГЭС. [Текст] / Т.Ж. Жабудаев, М.С. Асанов, А.Дж. Обозов, А.С. Мусабаев //Государственная патентная служба КР. – Свидетельство на программу для ЭВМ №266 от 19.03.2013 г.

**РЕЗЮМЕ**

**диссертации Жабудаева Турукмена Жусупбековича на тему:**

**«Построение модели и алгоритма расчета параметров микроГЭС с учетом гидрологических особенностей малых водотоков» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.08 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии**

**Ключевые слова:** гидроэнергетические ресурсы, малые и мелкие горные реки, микроГЭС, напор, расход, мощность, гидротурбина, створ реки, графики нагрузки, автономный потребитель, вычислительный модуль.

**Целью диссертационной работы** является разработка научно обоснованной модели, алгоритма расчета и метода выбора рациональных параметров микроГЭС с учетом гидрологических особенностей малых водотоков.

**Полученные результаты:** Создан банк данных гидрологических параметров рассмотренных малых водотоков. Предложена методика типизации потребителей и мощностного ряда микроГЭС. Разработанная программа определения мощности водотока, выбора типа гидротурбины для микроГЭС, позволяет выбора рационального типа микроГЭС из их множества типов. Данный программный продукт используется в институте водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии наук Кыргызской Республики для определения мощности водотока и типа гидротурбины для микроГЭС.

**Жабудаев Түрүкмен Жусупбековичтин**

**05.14.08 – Кайра калыптануу энергия түрлөрүнүн негизиндеги энерготүзүлүштөрдүн адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасына изденүүдөгү «Майда суу агымдарынын гидрологиялык ёзгёчёлщктёрщн эске алуу менен микроГЭСтин параметрлерин эсептёё алгоритмин жана моделин түзүү» темасына жазылган диссертациялык ишине**

**КОРУТУНДУ**

**Негизги сөздөр:** гидроэнергетикалык ресурстар, кичи жана майда тоо дарыялары, микроГЭС, напор, чыгым, кубаттуулук, гидротурбина, дарыянын башаты, жүктөө графиги, жеке керектөөчү, эсептөөчү модул.

**Диссертациялык иштин максаты болуп** майда суу агымдарынын гидрологиялык ёзгёчёлщктёрщн эске алуу менен микроГЭСтин рационалдык параметрлерин тандоо усулун жана эсептөө алгоритмин, илимий негизделген моделин иштеп чыгуу саналат.

**Аткарылган иштердин жыйынтыгында:** Каралган майда суу агымдарынын гидрологиялык параметрлеринин маалыматтар банкы түзүлгөн.

МикроГЭСтердин кубаттуулук катарын жана керектөөчүлөрдү типтештирүү усулу сунушталган.

Иштелип чыккан программа суу агымынын кубаттуулугун аныктоого, микроГЭС үчүн гидротурбинанын тибин тандоого жана кёптёгён микроГЭСдин типтердин арасынын рационалдуу тибин тандоого мүмкүндүк түзөт. Иштелип чыккан программа Кыргыз республикасынын Улуттук Илимдер Академиясынын суу проблемалар жана гидроэнергетика институтунда суу агымынын кубаттуулугун аныктоодо жана микроГЭС үчүн гидротурбинанын тибин тандоодо колдонулат.

**SUMMARY**

**of the dissertation of Zhabudaev Turukmen Zhusupbekovich on the theme:**  **«Model and algorithm definition for calculating parameters of microhydropower station with regard for hydrological features of small streams» for the scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.14.08 - power stations based on renewable energy**

**Keywords:** hydropower resources, small and small mountain streams, microhydropower station, head, flow, power, turbine, target of the river, load schedules, autonomous consumer, computing module.

**The aim of the thesis** is to elaborate the science-based model, algorithm of calculation and the method of selection of rational parameters of microhydropower station with regard for hydrological features of small streams

**Obtained results:** a bank of hydrological parameters of considered small streams. The technique of typing of consumers and microhydro power rating are suggested. The developed program of determining of the power of the watercourse, selection of the type of microhydro turbine of microhydropower station allows selection of the best type of microhydropower plants. This software product is used at the Institute of Water Problems and Hydropower of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic to determine the power of the watercourse and the type of microhydro turbine for microhydropower stations.