

**Институт машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной
академии наук Кыргызской Республики**

Ошский государственный университет

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Диссертационный совет Д 05.24.705

На правах рукописи
УДК: 621.311.212

Оразбаев Казбек Найманказиевич

**Исследование и разработка практических методов расчета гравитационно-
водооборотной микроГЭС**

05.14.08 – энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2025

Работа выполнена на кафедре возобновляемых источников энергии Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова

Научный руководитель:

Обозов Алайбек Джумабекович

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН КР, заведующий лабораторией возобновляемых источников энергии Института машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики

Официальные оппоненты:

Ведущая организация:

Защита диссертации состоится г. в часов на заседании диссертационного совета Д 05.24.705 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук при Институте машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики, Ошском государственном университете и Кыргызском государственном техническом университете имени И. Раззакова по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23. Ссылка доступа к видеоконференции защиты диссертации:

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Института машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики (720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23), Ошского государственного университета (723500, г. Ош, ул. Борубаева, 2), Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова (720044, г. Бишкек, ул. проспект Ч. Айтматова, 66) и на сайте Национальной аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики:

Автореферат разослан.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

Медеров Т. Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Одной из основополагающих отраслей экономического развития любого государства является уровень обеспеченности общества энергией. Энергия является основной движущей силой современности, определяющей не только социально-экономическое состояние людей, но и их доступность к самым современным достижениям научно-технического прогресса, являющегося критерием развитости и процветания государства.

В последние десятилетия темпы использования традиционных топливно-энергетических ресурсов, основанных на углеводородном сырье (нефть, газ, уголь и т.д.) настолько выросли, что стал возникать вопрос о возможном их истощении в ближайшем будущем. По оценкам учёных, уже в предстоящие 50–100 лет будет ощущаться их дефицит.

Следовательно, уже сегодня необходимо крепко задуматься о поиске новых источников энергии, которые бы заменили традиционное топливо. Как показывает практика, такими источниками, возможно, могли бы стать нетрадиционные возобновляемые источники энергии, как энергия солнца, ветра, геотермальная энергия, энергия биомассы и т.д. По подсчётам учёных, запасы этих источников огромны и даже могли бы в полной мере удовлетворить все потребности человечества в энергии.

Кроме того, эти источники могут обеспечить решение другой планетарной проблемы – это проблема охраны окружающей среды от загрязнения. Не секрет, что уже сегодня эти вопросы стоят на повестке дня у всего мирового сообщества, а повсеместное изменение климата (засухи, наводнения, ураганы и т.д.) указывает на неотвратимость этих явлений уже в ближайшем будущем. Всё это привело к необходимости серьёзного обращения исследований, направленных на разработку новых технологий и технических средств, использующих энергию возобновляемых источников для выработки энергии (электрической, тепловой, механической и т.д.).

Одним из наиболее перспективных и практически оправданных источников является экологически чистая энергия воды. Она уже достаточно широко используется на практике для получения электрической (гидроэлектрические станции – ГЭС), механической (подъёмные насосные станции) и других видов энергии.

Из большого разнообразия различных типов ГЭС, в последние годы находят широкое применение так называемые малые и микрогидроэлектростанции, в силу своих преимуществ над крупными ГЭС, как компактность, автономность, малые сроки ввода в эксплуатацию, экономическая эффективность, возможность широкого использования малых водотоков без строительства больших водохранилищ и плотин.

Из класса микроГЭС, которые предназначены в основном для электроснабжения автономных малоэнергоемких объектов, всё больший интерес вызывают так называемые низконапорные гравитационные установки, которые имеют возможность работать в равнинных зонах, где отсутствуют

большие перепады и уклоны местности незначительны. Принципиальная разница этих гравитационных микроГЭС в том, что в основном они работают за счёт скоростного напора водяного потока, а не за счёт высотного давления закрытого водонапорного канала. Такой принцип работы этих микроГЭС требует принципиально новых подходов как в организации технологии отбора энергии от водяного потока, так и в расчёте и выборе параметров её основных элементов, как турбинная камера, тип и форма лопастей турбины, расчёт и обоснование их геометрических и кинематических параметров, в поиске новых методов определения динамических параметров как момент на валу турбины, мощность гидрогенератора и т.д.

Связь темы диссертации с основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями. Диссертационная работа выполнялась в рамках госбюджетных научно-исследовательских работ кафедры «Электроэнергетика и охрана труда» Жезказганского университета имени О. А. Байконурова на темы «Исследование и выбор перспективных источников возобновляемой энергии» (2015–2017 гг.) и «Экологические проблемы в энергетике» (2018–2021 гг.).

Результаты диссертационной работы включены в Отчёт по проекту Лаборатории ВИЭ Института машиноведения и автоматики НАН КР «Исследование и разработка систем управления сложными динамическими объектами: проблемы стабилизации, самоорганизации, оптимизации и адаптации» за 2-й квартал 2023 года под разделом III «Разработка ГЭС малой мощности, работающая руслово-рукавным способом для получения электрической энергии из малых рек».

Цель и задачи исследования. Данная работа посвящена разработке научно обоснованных методов расчёта и проектирования гравитационно-водооборотной микроГЭС для электроснабжения малоэнергоёмких автономных потребителей.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

- определить рациональные геометрические параметры камеры и лопастей гидротурбины;
- исследовать особенности взаимодействия лопастей турбины с водяным потоком;
- определить крутящий момент на валу турбины;
- определить кинематические и гидродинамические параметры в процессе преобразования и передачи энергии.

Научная новизна работы. На основе анализа и обобщения опыта создания конструкций и эксплуатации низконапорных микроГЭС, были сформулированы и поставлены новые научные задачи, новизна которых связана с:

- получением аналитической зависимости расчёта мощности гравитационной микроГЭС с учётом доли энергии движущейся массы воды от её напорной составляющей;

- разработкой методики синтеза геометрических параметров лопастей роторной гидротурбины, обеспечивающей максимальный отбор мощности от водяного потока с исключением положения мёртвой точки турбины;
- построением математической модели процесса взаимодействия водяного потока с синтезированной роторной турбиной для расчёта её выходной мощности при различных скоростях и расходах водяного потока;
- установлением качественной картины распределения давления внутри гидротурбины до и после лопастей на основе моделирования течения в турбинной камере с использованием программного продукта KompasFlow;
- созданием алгоритма с построением обобщённой математической модели на основе пакета расширения Simulink в среде MATLAB, позволяющей на основе входных параметров турбинной камеры (площади входных и выходных сечений, высота, напор и т.д.) определить выходные параметры (мощность, момент, КПД и т.д.);
- изучением влияния формы и геометрии воздушной воронки на коэффициент заполняемости турбинной камеры и установления зависимости выходной мощности турбины от её величины.

Практическая значимость полученных результатов:

- Предложенная классификационная таблица гравитационных микроГЭС позволит определять класс и приемлемость той или иной конструкции к их практическому использованию с учётом особенностей рельефа местности.
- Разработанные методы расчёта и полученные аналитические зависимости определения мощности гидротурбины и геометрические параметры камеры позволяют осуществлять расчёт и проектирование этих основных элементов конструкции гравитационных микроГЭС.
- Построенная математическая модель явится основным элементом оценки режимов работы микроГЭС и расчётом как кинематических, так и гидродинамических параметров еще на стадии её проектирования.
- Разработанные методы, модели, созданные алгоритмы и результаты исследований могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов соответствующих специальностей.
- Методика экспериментов и созданный гидравлический стенд для проведения экспериментальных исследований может быть использован как лабораторный стенд для проведения практических занятий студентов бакалавров и проведения исследований среди магистрантов и докторантов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- Разработка методики расчёта выходной мощности турбины в зависимости от формы и геометрии воздушной воронки в турбинной камере при различных значениях коэффициента заполняемости.
- Получение аналитической зависимости расчёта мощности гравитационной микроГЭС с учётом доли энергии скоростного напора водяного потока в её общем балансе.

- Разработка графо-аналитического метода синтеза геометрических параметров лопастей роторной турбины гравитационной микроГЭС с учётом отсутствия возможности появления «мёртвого» положения.

- Алгоритм расчёта и обобщённая математическая модель гравитационной микроГЭС с учётом особенностей её конструкции и эксплуатации.

- Экспериментальный стенд и методика экспериментальных исследований кинематических и гидродинамических параметров роторной турбины гравитационной микроГЭС.

Личный вклад соискателя. Все основные научные и практические результаты, полученные в процессе работы, выполнены и получены непосредственно автором при консультативной помощи и поддержке научного руководителя.

Апробации результатов исследования. Основные положения, выводы, теоретические и практические результаты научных исследований, включённые в диссертацию, докладывались и обсуждались на:

- Международных XVI Байконуровских чтениях «Улытау в историческом контексте концепции «Мэңгілік ел»» (РК, г. Жезказган, 25 ноября 2016 года);

- Международной научно-практической конференции «Наука сегодня: вызовы, перспективы и возможности» (РФ, г. Вологда, 12 декабря 2018 года);

- Седьмой международной научной конференции «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство» (РФ, г. Казань, 31 августа 2019 года);

- Международных XXI Байконуровских чтениях «Перспективы развития науки и образования в условиях новой реальности» (РК, г. Жезказган, 10 декабря 2021 года).

Также полученные результаты неоднократно докладывались на расширенных научных семинарах кафедры «Электроэнергетика и охрана труда», Учёных Советах Жезказганского университета имени О. А. Байконурова, на расширенных научных семинарах кафедры «Возобновляемые источники энергии» и Энергетического института Кыргызского государственного технического университета имени И. Раззакова в 2016–2022 гг.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Основные результаты диссертации опубликованы в 17 научных изданиях, из них 1 – в журнале, индексируемом в базе данных Web of Science и имеющего второй квартиль, 7 статей в журналах из Перечня рецензируемых научных периодических изданий для опубликования основных научных результатов диссертации НАК при Президенте Кыргызской Республики, 6 – в сборниках материалов международных конференций, 3 – в прочих изданиях. Также получен 1 патент Кыргызской Республики на изобретение.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 4-х основных глав, заключения, списка использованных источников из 130 наименований и 4-х приложений. Материал диссертации изложен на 148 страницах машинного текста, включая 6 таблиц и 66 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В «Глава 1. Обзор литературы. Анализ и обобщение опыта использования микроГЭС» проведен литературный обзор в данном направлении, оценены состояние и перспективы использования микроГЭС в Казахстане. Приведены результаты сравнительного анализа различных типов конструкции микроГЭС, получивших наиболее широкое применение на практике и рассмотрены особенности их работы.

Предложена классификация низконапорных микроГЭС, работающих на малых напорах и обеспечивающих успешную работу в основном на равнинной части.

Из большого разнообразия равнинных микроГЭС, наиболее большой интерес вызывают так называемые гравитационно-водоворотные микроГЭС. Проведённый анализ использования различных типов водяных турбин показал, что наиболее приемлемым и практически оправданным типом турбин для свободнопоточных (равнинных) микроГЭС являются роторные гидротурбины. Они представляют собой две полуцилиндрические лопасти, имеющие одну общую ось вращения, расположенную вдоль образующихся полуцилиндров. Как видно из рисунка 1, если расположить данную турбину в движущийся поток воды, то под его воздействием она будет вращаться вокруг оси О-О.

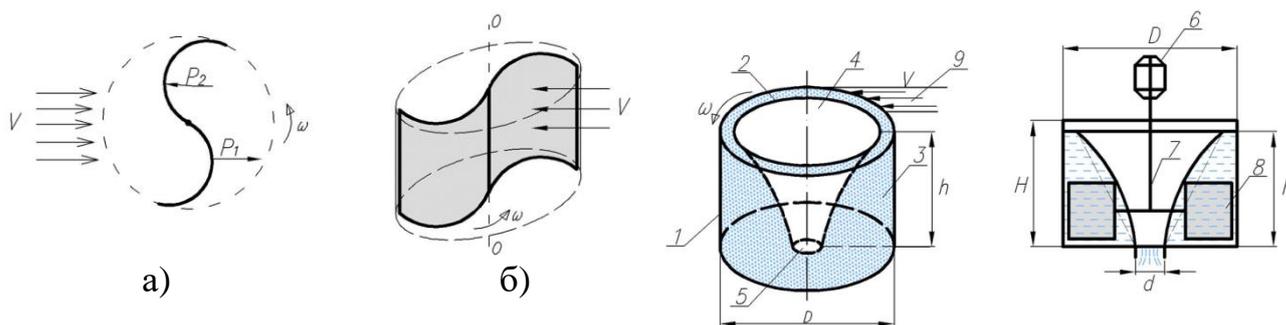


Рисунок 1 – Схема взаимодействия водного потока с лопастями микроГЭС вихревого типа роторной турбины
 а) вид сверху, б) – общий вид. Рисунок 2 – Схема гравитационной микроГЭС

Чаще всего, такие роторные турбины имеют большее количество лопастей, от которого в конечном счёте зависит развиваемая мощность турбины.

Рассмотрим гравитационную микроГЭС вихревого типа, где в качестве турбинной камеры используется обыкновенная открытая цилиндрическая ёмкость с выходным отверстием на дне, а внутри неё установлена водяная турбина, соединённая с гидрогенератором (рисунок 2).

Работает система следующим образом. При помощи какого-либо подводящего канала (открытая деривация, труба, бетонный жёлоб) 9 вода из реки подается в камеру 1. Камера выполнена в виде обыкновенного цилиндра высотой H , диаметром D и с отверстием δ в донной части. Диаметр нижнего отверстия d . Вода из подводящего канала подаётся по касательной к образующей поверхности камеры 3 таким образом, что после вхождения в неё, за счёт криволинейной цилиндрической образующей поверхности, вода в ней закручивается, то есть поступательное движение водяного потока переходит во вращательное. В результате такого подхода, при определённой линейной скорости (V) подаваемого водяного потока и соответствующих геометрических параметрах камеры (D, d, H) в ней образуется водяная воронка 2. Теперь, если в эту воронку установить какую-либо турбину 8, то под действием вращающегося водяного потока она начнёт вращаться и передавать вращающийся момент на вал 7 генератора 6, который будет вырабатывать электрическую энергию. Таким образом, поступательное, а впоследствии вращательное движение водяного потока преобразует свою энергию в электрическую.

«Глава 2. Методология и методы исследования. Исследование особенностей взаимодействия водяного потока с гидротурбиной» посвящена исследованию особенностей влияния геометрических, кинематических, гидродинамических и электрических параметров на работу микроГЭС.

Если допустить, что режим подачи потока воды в турбину стационарный, то можно определить мощность микроГЭС на валу гидротурбины:

$$N_{\text{мвр}} = \left(\frac{\rho F v^3}{2} + \rho F \times vgh \right) \eta_0 \quad (1)$$

Таким образом, можно увидеть, что в общем случае величина мощности, развиваемая на валу гидротурбины, зависит от площади поперечного сечения подводного трубопровода F , абсолютной скорости подводящего потока v , гидравлического напора h и коэффициента полезного действия турбины η_0 . Представим формулу (1) через объёмные расходы воды в подводящем трубопроводе:

$$G = F \times v \quad (2)$$

Тогда получим:

$$N_{\text{мвр}} = \eta_0 \rho G (0,5v^2 + gh) \quad (3)$$

Выражение в скобках практически показывает, какую долю в общей энергии турбины составляет энергия движущейся массы воды (кинетическая энергия скоростного потока) по сравнению с энергией напора (так называемой потенциальной энергией).

Введём некоторое обозначение:

$$K = \frac{2h}{0,5v^2} \quad (4)$$

где K – коэффициент трансформации.

Тогда формула (3) примет вид:

$$N_{\text{тур}} = \frac{\eta_0 G \rho v^2}{2} (1 + K) \quad (5)$$

Приведённый коэффициент трансформации практически представляет собой физическую величину, показывающую, какая доля мощности приходится на потенциальную составляющую гидротурбины при определённых значениях абсолютной скорости водяного потока.

Определим зависимость данного коэффициента от величины гидравлического напора h гравитационной равнинной микроГЭС при различных величинах скорости водяного потока. Для гравитационных микроГЭС значение h находится, как правило, в интервале от 0 до 5 м, т.е. $0 \leq h \leq 5$.

Построим график зависимости K от h при изменении скорости в диапазоне от $0 \leq v \leq v_n$, где $v_1 < v_2 < \dots < v_n$ (рисунок 3).

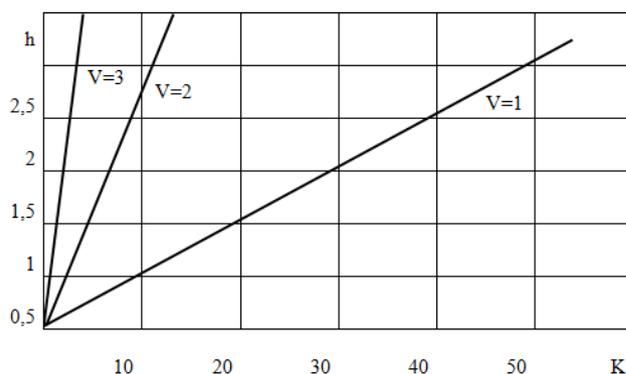


Рисунок 3 – Диаграмма изменения коэффициента трансформации K в зависимости от величины напора h

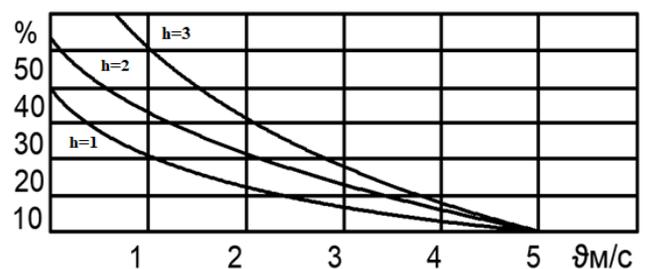


Рисунок 4 – Диаграммы изменения доли потенциальной энергии в % при различных значениях v и h

Если внимательно посмотрим на полученные гистограммы, то можем увидеть, что коэффициент K имеет линейную зависимость от величины напора h . Следовательно, коэффициент трансформации K может быть использована как мера оценки величины потенциальной энергии водяного потока по

отношению ко всей возможной преобразованной энергии в турбинном тракте гравитационной микроГЭС.

Если внимательно посмотреть на рисунок 4, то можно увидеть, что в рассматриваемом диапазоне изменения напора от 0 до 3 м при изменении скорости от 0 до 5 м/с, условная доля величины потенциальной составляющей в процентном соотношении не превышает 0,4%.

Полученные результаты говорят о том, что практически при определении таких динамических параметров как момент на валу гидротурбины, его мощность, уже при скоростях потока 5 м/с и напоре менее 3 м, значениями потенциальной энергии водяного потока гравитационной микроГЭС можно пренебречь, а величина ошибки не будет превышать 0,4%.

В последние годы всё большее распространение получают различные программные продукты, позволяющие исследователям осуществлять моделирование течения жидкости в турбинах гидравлических станций.

Для рассмотрения процесса взаимодействия гидротока с лопастями турбины воспользуемся теорией решёток. Задачу решаем в двухмерной системе координат с допущением, что жидкость несжимаемая. В этом случае решение задачи с использованием уравнения Навье – Стокса можно записать как:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \mathcal{G}\nabla^2 \vec{v} \quad (6)$$

где $\frac{d\vec{v}}{dt}$ – полное ускорение частицы жидкости, \vec{F} – ускорение от массовых сил, $-\frac{1}{\rho} \text{grad } p$ – ускорение от сил давления, $\mathcal{G}\nabla^2 \vec{v}$ – ускорение от сил вязкости.

Для плоской задачи в проекциях по осям координат упомянутое выше уравнение запишется в виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right) \\ \frac{dv_y}{dt} &= F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

На основании уравнения Бернулли для относительного течения можно определить полное давление потока P :

$$P = \frac{\rho}{2} (v_2^2 + g_2^2 - \omega_2^2) - \frac{\rho}{2} (v_1^2 + g_1^2 - \omega_1^2) - \Delta P_n \quad (8)$$

где ω – относительная скорость, \mathcal{G} – окружная скорость, ΔP_n – изменение давления за счёт гидравлических потерь на участке между сечениями.

Из рассматриваемого классического треугольника скоростей получим гидравлическую мощность на валу турбины:

$$N_{тур} = \frac{\rho Q \omega (\overline{\Gamma}_1 - \overline{\Gamma}_2)}{2\pi} \quad (9)$$

и момент вращения:

$$M = \frac{\rho Q}{2\pi} (\overline{\Gamma}_1 - \overline{\Gamma}_2) \quad (10)$$

где Q – расход жидкости через турбину, $\overline{\Gamma}_1, \overline{\Gamma}_2$ – циркуляция скоростей на входе и выходе.

Воспользуемся известной программой KompasFlow, которая представляет собой адаптированную версию программного комплекса FlowVision для оценки поведения водяного потока в гидрокамере, её характера изменения перед и за

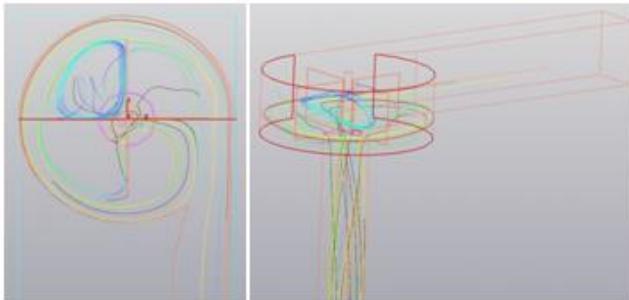


Рисунок 5 – Визуализационный слой «Линии тока»

лопастями, а также распределения давлений в установке.

Визуальный портрет прохождения гидротока через камеру с расположенными в ней лопастями турбин показывает, что для гравитационных микроГЭС особое место занимает вопрос

преобразования скоростного потока в энергию вращения гидротурбины, что тесным образом связано с вопросом расчёта и выбора не только типа турбины и его геометрических параметров, но и рассмотрения особенностей его взаимодействия с гидротоком (рисунок 5).

В «Глава 3. Результаты собственных исследований. Разработка и построение математической модели гравитационной микроГЭС» разработана методика выбора параметров ротационной турбины гравитационной микроГЭС и построена её математическая модель.

Для построения обобщённой математической модели микроГЭС воспользуемся пакетом расширения Simulink в среде MATLAB.

Основой для построения модели легли полученные ранее зависимости кинематических и геометрических параметров. Общий вид построенной модели приведена на рисунке 6.

Таким образом на базе построенной обобщённой модели гравитационной микроГЭС с использованием пакета прикладных программ MATLAB на основе уравнения Навье – Стокса и известной теории решёток установлены

зависимости изменения скорости вращения турбины (ω) от напора (H) и внешнего диаметра турбинной камеры (D) (рисунок 7).

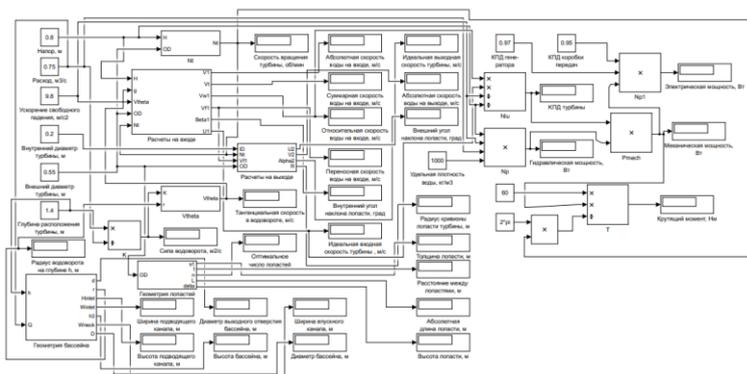


Рисунок 6 – Общий вид модели, синтезированной в среде Matlab с применением пакета Simulink приведённую на рисунке 8.

Как видно, роторная турбина, состоящая из 2-х полуцилиндрических лопастей, выполнена таким образом, что между ними образуется сквозной канал определенной ширины, по которому входящий поток воды устремляется в камеру. Причём лопасти установлены таким образом, что входящий поток первоначально устремляется в этот сквозной канал. Проходя через него, поток оказывает не только лобовое давление на лопатки, но дополнительно появляются и реактивные составляющие, обусловленные криволинейностью лопасти турбины. В результате этого, лопасть испытывает давление воды усилием P .

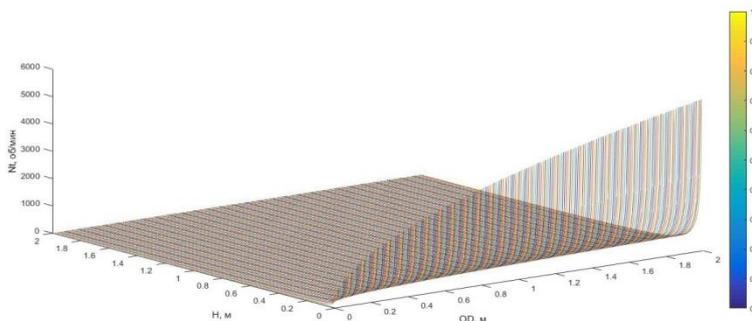


Рисунок 7 – Зависимость изменения скорости турбины от напора и внешнего диаметра турбины

вдоль движения водяного потока, вращающийся момент на валу генератора минимален и в случае больших сил сопротивления у потребителя движение ротора может застопориться. Это положение ротора представляется как «мёртвое». Поэтому следует предусмотреть некоторые действия, чтобы избежать этого.

Для решения поставленной задачи воспользуемся одним из основных известных положений, что сквозной канал, образованный между лопастями турбины в её входящей части, должен быть равен половине диаметра ометаемой окружности торцевой части обечайки, а сквозной канал в центральной части турбины не должен быть меньше половины этой величины.

Взаимодействие водяного потока с такой роторной турбиной имеет свои особенности. Тщательное рассмотрение их взаимодействия, изучение особенностей позволяет установить физику процесса и решить задачу определения оптимальных геометрических и кинематических параметров гидротурбины. Рассмотрим схему,

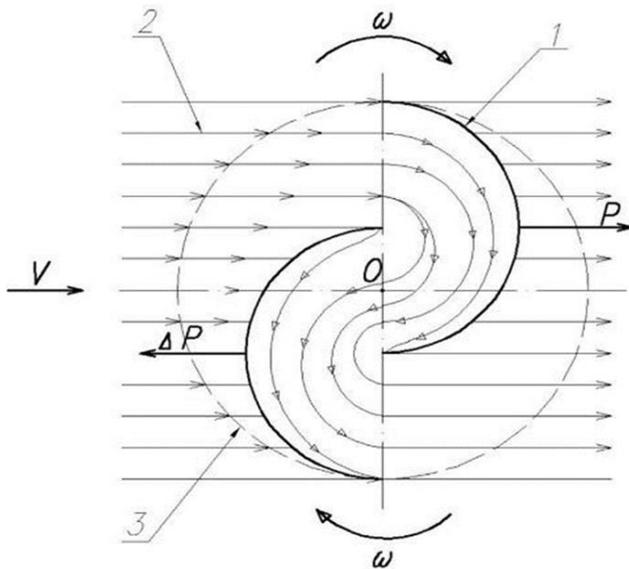


Рисунок 8 – Схема взаимодействия водяного потока с лопастями роторной турбины
1 – лопасти, 2 – водяной поток, 3 – ометаемая окружность турбины.

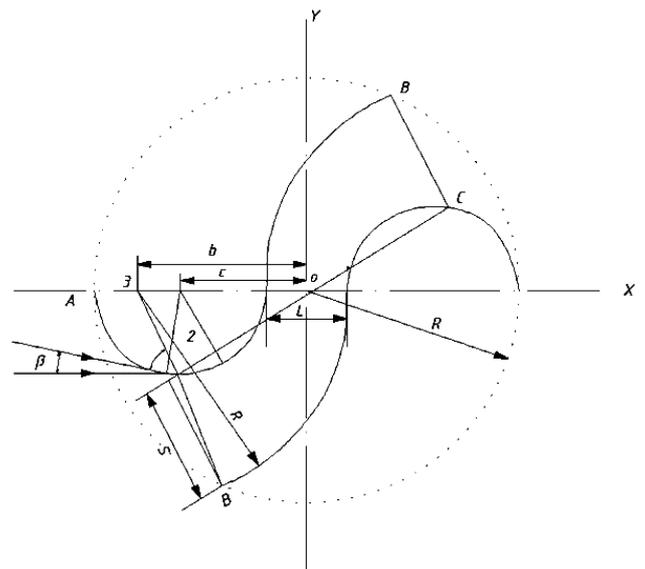


Рисунок 9 – Форма и профиль лопастей гидротурбины роторного типа со сквозным каналом гравитационной микроГЭС

Также для избежания появления «мёртвой точки», в расположении лопастей турбины выполним условие несовпадения точек А, В, С, Е.

Исходя из этих условий, нами построена расчётная схема профилей лопастей турбины, которая приведена на рисунке 9.

Введём следующие обозначения: R – радиус ометаемой окружности обечайки турбины, L – ширина сквозного канала в центральной части турбины. Исходя из вышеизложенных положений, построим профили лопастей турбины. При построении воспользуемся условием, что все геометрические параметры лопастей роторной турбины должны быть выражены и связаны с основным параметром ометаемой обечайки R . Как ранее нами было отмечено, для надёжной и эффективной работы гидротурбины одним из важных и главных условий является безударное вхождение водяного потока в турбинную камеру, что возможно при обеспечении угла β , т.е. обеспечение направления движения водяного потока по касательной к поверхности лопасти.

Учитывая, что величина радиуса классической роторной цилиндрической лопасти должна быть:

$$r = 0,5R \quad (11)$$

определим центр её окружности на оси x путём отсчёта её от точки А пересечения окружности обечайки с осью x , тогда с учётом конструктивного зазора δ между поверхностью обечайки и ребром лопасти турбины получим:

$$r = 0,5R - \delta \quad (12)$$

Теперь, если из этой найденной точки проведём окружность величиной r , то получим первую часть профиля лопасти турбины. Один конец лопасти турбины практически совпадает с точкой A , несколько смещённой на величину δ и второй точкой, это точка пересечения этой окружности с осью x . Эта точка является началом для второй части траектории лопасти турбины. Для построения этой части турбины воспользуемся условием прохождения водяного потока по сквозному каналу между лопастями без его возмущения. Ранее это условие, как нами было показано, соблюдается при условии, что её величина должна быть равной, с учётом δ :

$$L = 0,5c + \delta \quad (13)$$

С другой стороны, расположение лопастей турбин должно обеспечивать безударный вход воды в камеру, т.е. под углом β .

Далее, если провести касательную к поверхности первой половины турбины, то мы получим точку K . Фактически, это точка касательной к внешней части лопасти первой половины турбины.

Таким образом, если осуществить простые геометрические построения, то можно определить вторую точку B пересечения окружности обечайки со второй, более пологой лопастью турбины. Для этого соединим точку K с центральной точкой турбины O , затем проведём линию параллельно построенной линии и ищем положение, при котором прямая, проведённая через точки K и B , стала перпендикулярной к проводимой параллельной линии.

Найдя пересечение прямой линии, проходящей через точки K и B с осью x , определим центр траектории второй половины лопасти турбины. На рисунке 9 она обозначена точкой 3 . Приведённые построения показали, что в этом случае отрезок $3B$ будет равен:

$$3B = 3K + KB \quad (14)$$

Если ввести соответствующие обозначения, как на рисунке 9, то можно записать:

$$R = C + r \quad (15)$$

$$C = R - r = R - (0,5R - \delta) \quad (16)$$

Если исходить из практики, что величина зазора δ , как правило, для гидротурбины роторного типа может быть взята как одна десятая от радиуса обечайки, то получим:

$$C = R - 0,4R = 0,6R \quad (17)$$

Теперь, если из найденной точки 3 провести окружность радиусом R от точки B до точки пересечения с осью x , то получим профиль второй половины лопасти турбины. Построив аналогично обе половины профиля второй турбины, получим картину, приведённую на рисунке 8. Данная схема приведена в качестве примера, в которой величина $R=6$ см, а все другие соответствующие параметры равны:

$$B = 0,8R; C = 0,6R; r = 0,4R; L = 0,6; c = 0,36R \quad (18)$$

Профили построенных лопастей турбины с принятыми допущениями позволяют произвести максимальный отбор мощности от входящего потока в турбинную камеру, обеспечить безударное соприкосновение и взаимодействие водяного потока с лопастями турбины. А также осуществить разворот водяного потока дважды за время его прохождения через турбину, тем самым увеличить КПД за счёт вторичного воздействия развёрнутого потока на обратную (тыльную) сторону лопасти турбины, что в свою очередь способствует усилению крутящего момента. И наконец, взаимное расположение лопастей турбины и их форма полностью позволяют избежать положения «мёртвой» точки, при которой возможна остановка турбины при внеплановом повышении нагрузки у потребителя.

В «Глава 4. Экспериментальные исследования гравитационной микроГЭС» обобщены результаты экспериментальных исследований микроГЭС, для проведения которых нами был специально спроектирован и создан испытательный стенд, схема которого приведена на рисунке 10.

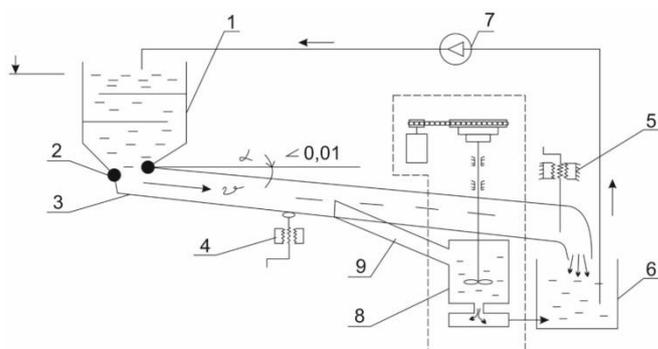


Рисунок 10 – Испытательный стенд
1 – основная ёмкость, 2 – подвижное гибкое соединение, 3 – основной лоток, 4 – регулятор уровня лотка, 5 – шлюз, 6 – сливная ёмкость, 7 – циркуляционный насос, 8 – испытываемая микроГЭС (обведена штриховой линией), 9 – соединительный лоток.

Работает стенд следующим образом. После заполнения всей системы водой при помощи шлюза 5 открывается заслонка и одновременно включается насос 7. Вода из основной ёмкости 1 самотёком через основной лоток 3 стекает в сливную ёмкость 6. Из сливной ёмкости при помощи насоса вода опять возвращается в основную ёмкость. Таким образом, происходит циркуляция воды в системе. За счёт регулирования угла наклона основного лотка, при помощи регулятора уровня 4, происходит изменение скорости воды. Величина расхода регулируется при помощи шлюза.

В зависимости от требуемого режима работы стенда, происходит изменение производительности насоса, что позволяет устанавливать необходимый уровень верхнего бьефа и тем самым создавать соответствующий гидравлический напор H . Сама непосредственно

микроГЭС 8 через соединительный лоток 9 состыковывается с основным лотком, через который происходит подача воды к турбине. Отведённый от основного лотка вода попадает в аванкамеру микроГЭС и установка работает согласно описанному ранее режиму.

После расчётов и проектирования был изготовлен действующий опытный образец стенда. На рисунке 11 показан действующий опытный образец стенда с элементами аванкамеры, соединительного лотка и одного из испытываемых типов турбин.



Рисунок 11 – Действующий опытный образец экспериментального стенда
1 – основная ёмкость, 2 – подвижное соединение, 3 – основной лоток, 4 – шлюз, 5 – соединительный лоток, 6 – цилиндрический бассейн, 7 – гидротурбина, 8 – генератор.

изменения, изменяется форма самой воронки и его геометрические размеры. К примеру, установлено, что увеличение расхода приводит не только к формированию определённой формы воздушной воронки, но и к увеличению верхнего уровня воды в аванкамере. Все эти явления были визуально зафиксированы и сняты на камеру. Некоторые фрагменты этих наблюдений приведены на рисунке 12.

По результатам анализа данных, полученных во время эксперимента, можно уверенно констатировать, что явление образования воздушной воронки в аванкамере зависит от гидравлических и геометрических параметров установки. Сама воронка имеет устойчивую динамическую форму.

Для раскрытия этих явлений и установления закономерностей поведения турбины в зависимости от вышесказанных кинематических, геометрических, гидродинамических параметров, необходимо проведение большого количества целенаправленных экспериментов. Как правило, это требует разработки специальных методик экспериментальных исследований по каждому из интересующих нас явлений, проведения экспериментов и обработки

С учётом возможностей гидростенда, были рассчитаны и выбраны, соответственно, насос производительностью 25 м³/ч, геометрические параметры аванкамеры: диаметр – 540 мм, высота 220 мм, донное отверстие с диаметрами 85 и 58 мм. Установленная мощность генератора 200 Вт при номинальной частоте вращения 2750 об/мин. Серия проведённых экспериментальных исследований позволила выявить ряд интересных явлений, связанных с образованием воронки и ее поведением. В частности, установлено, что не во всех случаях при подаче воды в аванкамеру образовывается воронка. В ряде случаев она вообще отсутствует, хотя процесс входа и выхода воды из аванкамеры стабилен. Установлено, что явление образования воронки в значительной степени зависит от геометрических параметров аванкамеры и гидравлических параметров водотока. Так же установлено, что в зависимости от взаимоотношения этих параметров и их

полученных данных. В данном случае, перечень этих задач не входили в круг наших исследований.

Экспериментальные исследования были выполнены с тремя разными турбинами, имеющими одинаковый внешний диаметр. Исследовались три типа турбин: модель 1-й турбины – с плоскими лопастями, модель 2-й турбины – с полуцилиндрическими лопастями, модель 3-й турбины – с полуцилиндрическими лопастями с зазором (рисунок 13).



Рисунок 12 – Фрагменты образования гидроворонки при различных диаметрах отверстия
верхний 85 мм, нижний 58 мм.

механической нагрузки, значение КПД данной турбины становится наихудшим среди всех турбин (рисунок 14).

Серия экспериментальных исследований была связана с изучением влияния механической нагрузки на число оборотов турбины, мощность на валу турбины, момент на валу турбины, КПД и другие характеристики. Была проведена серия экспериментов, при которой механическая нагрузка на валу турбины варьировалась в пределах 200–700 грамм через каждые 200 грамм. При изменении нагрузки, с помощью бесконтактных тахометров и измерительных приборов, в реальном масштабе времени осуществлялась запись суммарного числа оборотов, скорости потока в канале, скоростного напора и других экспериментальных значений. На основе проведённых серий экспериментов, был произведён расчёт КПД трёх турбин и как видно из полученных диаграмм, максимальное отклонение КПД трёх турбин друг от друга при определённых нагрузках составляет около 12%. Наибольший КПД имеет турбина 2-й модели при нагрузках 400–500 грамм, однако при увеличении механической нагрузки КПД начинает снижаться, а при 700 грамм

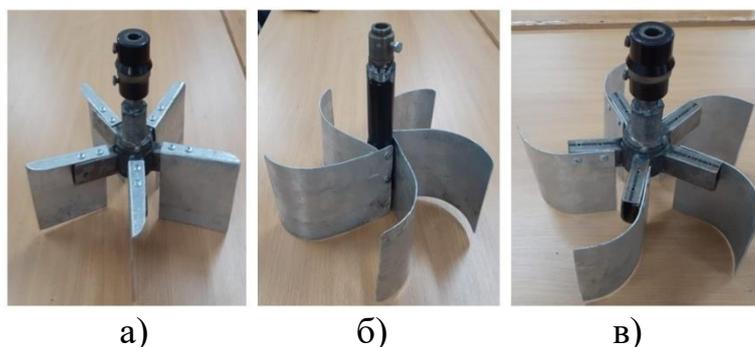


Рисунок 13 Модели турбин

а) турбина с плоскими лопастями, б) турбина с полуцилиндрическими лопастями, в) турбина с полуцилиндрическими лопастями с зазором.

Однако при увеличении механической нагрузки, груз приводит к увеличению момента сопротивления на валу турбины, которое вызывает увеличение нагрузки на саму турбину (рисунок 15).

Это приводит к изменению эффективности работы турбины.

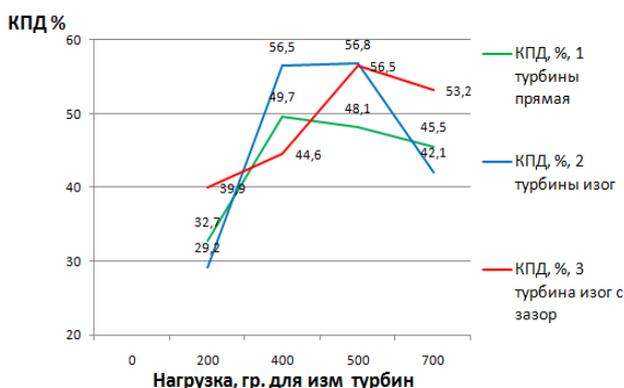


Рисунок 14 – Зависимость КПД турбин от механической нагрузки

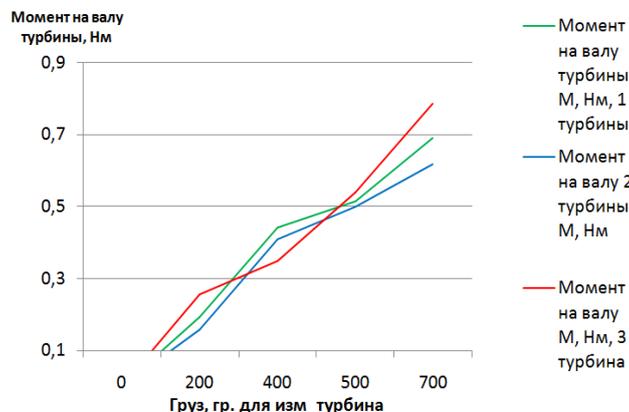


Рисунок 15 – Зависимость момента на валу турбины от механической нагрузки

Оптимальный крутящий момент, при котором достигается наибольший КПД, находится посередине между отсутствием крутящего момента (усилия механической нагрузки) на вал (лопасти) турбины и максимальным моментом, который приводит к торможению или даже кратковременной остановке (рисунок 16).

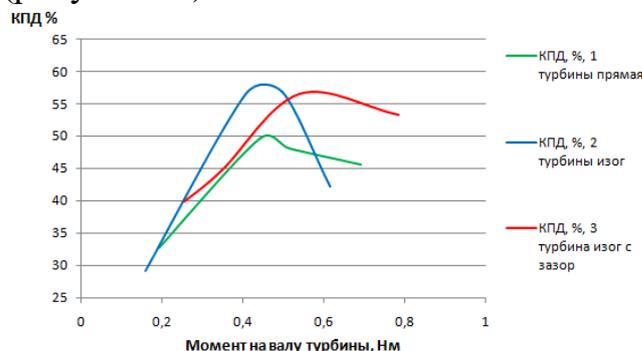


Рисунок 16 – Зависимость момента на валу турбины от КПД

Как видно из рисунка 17, когда крутящий момент турбины увеличивается, её угловая скорость уменьшается. Такое уменьшение угловой скорости связано с уменьшением слоя стока в турбинной камере. Уменьшение взаимодействия гидравлического потока с лопастями турбины и вызывает уменьшение угловой скорости самой турбины (рисунок 18).

Таким образом, результаты экспериментальных исследований показали, что турбина 3-й модели с полуцилиндрическими лопастями с центральным сквозным каналом является наиболее эффективной, и подтвердили результаты теоретического анализа и компьютерного моделирования. Полуцилиндрическая форма лопасти со сквозным каналом обуславливает увеличение относительной скорости, зависящей от профиля лопасти. Именно из-за большой относительной скорости в 3-й модели турбины увеличивается разность в кинематических параметрах турбины, что увеличивает мощность турбины.

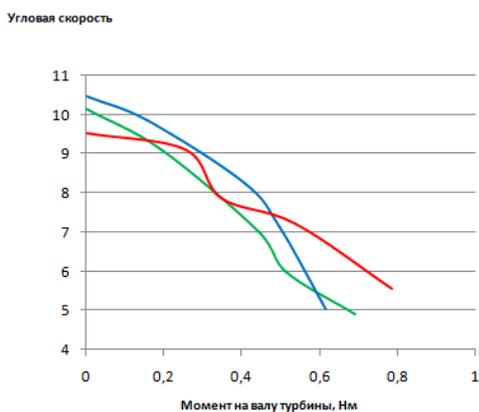


Рисунок 17 – Влияние крутящего момента вала турбины на угловую скорость

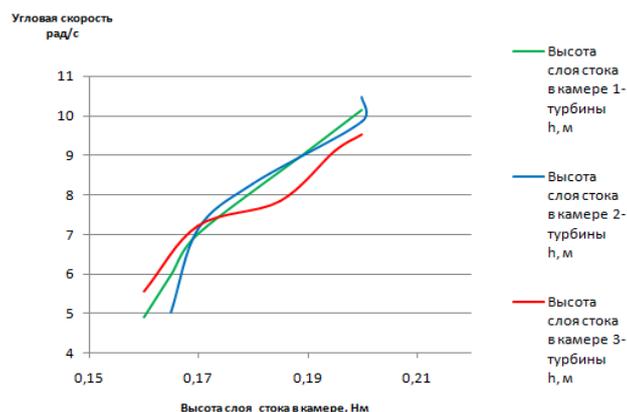


Рисунок 18 – Зависимость угловой скорости турбины от высоты слоя стока в камере

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведённый анализ и обобщение опыта использования ВИЭ, в том числе экологически чистой энергии малых водотоков, показал, что в настоящее время это направление является одним из наиболее перспективных и актуальных в области современной энергетики, которые призваны решить две основные проблемы современности – это развитие новых высокоэффективных инновационных технологий получения энергии и обеспечение охраны окружающей среды.

2. Казахстан обладает огромным потенциалом энергии малых водотоков, которые по оценкам специалистов составляют порядка 7,6 млрд. кВт·ч в год, которые, к сожалению, в настоящее время недостаточно используются. Анализ возможностей использования энергии малых водотоков показал, что наиболее перспективным и актуальным направлением в их использовании являются низкопотенциальные наплавные гидроэлектрические станции гравитационного типа, используемые в основном в равнинной части, где отсутствуют большие перепады высот и преобладают реки с большими расходами.

3. Осуществлен синтез и описан принцип работы гравитационной микроГЭС с учётом образования воздушной воронки в турбинной камере. Сформулированы основные задачи исследований, связанные с определением рациональных геометрических параметров гидрокамеры и турбины, исследования особенностей взаимодействия лопастей турбины с водяным потоком, определения крутящего момента на валу турбины и определения кинематических и гидродинамических параметров в процессе преобразования и передачи энергии.

4. Впервые для оценки эффективности гравитационной микроГЭС разработана методика определения мощности гидротурбины с учётом «коэффициента трансформации K». Показано, что для рассматриваемого класса установок, при увеличении скорости водяного потока, доля и значимость

потенциальной составляющей снижается и уже при скоростях 5 м/с их величина не превышает 0,4%.

5. Моделирование течения жидкости в гидротурбине с использованием программного продукта KompasFlow показал, что в гравитационных микроГЭС с возникающей в ней воздушной воронкой имеет место существенное различие давлений до и после лопастей турбины.

6. Построена расчётная модель гидротурбины для расчёта её выходной мощности. Установлено, что при стационарном режиме работы гидротурбины, её число оборотов пропорциональны скорости водяного потока (v_0) и обратно пропорциональна величине радиуса турбинной камеры (R).

7. Впервые разработана методика расчёта мощности гравитационной микроГЭС с учётом профиля образующей поверхности воздушной воронки. Получены качественные зависимости изменения мощности гидротурбины от её параметров.

8. Впервые разработана методика и получена аналитическая зависимость расчёта выходной мощности гидротурбины от «коэффициента заполняемости Z ». Методика позволяет оценить выходную мощность турбины в зависимости от геометрических параметров турбинной камеры (R , L) и площади лопастей турбины (F).

9. Разработан графо-аналитический метод синтеза геометрических параметров роторной турбины гравитационной микроГЭС, позволяющий получить более высокий КПД и избежать положения «мёртвой» точки.

10. На основе созданной расчётной схемы, разработанных методов расчёта геометрических, кинематических и гидродинамических параметров, с использованием программного продукта MATLAB построена обобщённая математическая модель гравитационной микроГЭС.

11. На основе разработанной обобщённой математической модели установлены зависимости изменения скорости вращения турбины (ω) от напора (H) и внешнего диаметра камеры (D). Найдены количественные закономерности изменения выходной мощности турбины в зависимости от геометрических параметров воздушной воронки.

12. Для проведения экспериментальных исследований разработан и создан стенд. Разработан алгоритм и методика экспериментальных исследований.

13. Определено, что для микроГЭС гравитационного типа наиболее перспективными и эффективными являются гидравлические роторные турбины с центральным сквозным каналом.

14. Результаты проведённых экспериментальных исследований подтвердили адекватность разработанных методов расчёта и достоверность построенной обобщённой математической модели гравитационной микроГЭС.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. **Сарсембаев, Д. Ж.** Электроэнергетика в концепции «Зеленой экономики» / Д. Ж. Сарсембаев, А. А. Саргулжина, К. Н. Оразбаев // Улытау в

историческом контексте концепции «Мәңгілік ел» : сб. материалов Междунар. XVI Байконуровских чтений. – Жезказган, 2016. – С. 197–201. – ISBN 978-601-7245-28-3.

drive.google.com/file/d/17Rmn6CFZac0JxOcmCRGgagBJqVCQ7PuI/view

2. **Оразбаев, К. Н.** Перспективы применения газопоршневой электростанции в Республике Казахстан / К. Н. Оразбаев, Ж. К. Кабасова, М. Р. Боранбай, Ж. К. Шакенова, А. М. Ахметбекова, Д. К. Естаева, М. Е. Ордабаев, Г. А. Досжанова // Наука сегодня: вызовы, перспективы и возможности : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Вологда, 2018. – С. 31–33. – ISBN 978-5-907083-25-7. elibrary.ru/item.asp?id=36621044

3. **Оразбаев, К. Н.** Солнце как альтернативный источник энергии / К. Н. Оразбаев, Ж. К. Шакенова, Ж. К. Кабасова, М. Е. Ордабаев, М. Р. Боранбай // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство : сб. науч. статей седьмой междунар. науч. конф. – Казань, 2019. – С. 73–74. – ISBN 978-5-6043267-8-7. elibrary.ru/item.asp?id=40878262

4. **Оразбаев, К. Н.** Состояние и перспективы солнечной энергетики в Казахстане / К. Н. Оразбаев, Ж. К. Шакенова, Ж. К. Кабасова, М. Е. Ордабаев, М. Р. Боранбай // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство : сб. науч. статей седьмой междунар. науч. конф. – Казань, 2019. – С. 75–76. – ISBN 978-5-6043267-8-7. elibrary.ru/item.asp?id=40873052

5. **Оразбаев, К. Н.** Газопоршневые электростанции как автономные системы генерации / К. Н. Оразбаев, Ж. К. Шакенова, Ж. К. Кабасова, М. Е. Ордабаев, М. Р. Боранбай // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство : сб. науч. статей седьмой междунар. науч. конф. – Казань, 2019. – С. 97–98. – ISBN 978-5-6043267-8-7. elibrary.ru/item.asp?id=40873071

6. **Обозов, А. Дж.** Состояние и перспективы применения микроГЭС для электроснабжения автономных потребителей / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Перспективы развития науки и образования в условиях новой реальности : сб. материалов Междунар. XXI Байконуровских чтений. – Жезказган, 2021. – С. 203–206. – ISBN 978-601-7971-70-0. drive.google.com/file/d/1_1GPSZnDkbYL5eJV5tDhIArz7Wrv8zXD/view

7. **Оразбаев, К. Н.** Биогаз секторы қалпына келетін энергия көзі ретінде / К. Н. Оразбаев, М. Р. Боранбай, Д. К. Абенова // Вестн. Жезказганского ун-та им. О. А. Байконурова. – 2021. – № 2 (42). – С. 27–31. – ISSN 1680-9262. drive.google.com/file/d/1Sb4F6A8If4ar_f6LHJ8suJqrZZaZHky5/view

8. **Обозов, А. Дж.** Принципы классификации и особенности малых ГЭС / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2022. – Вып. 1 (81). – Ч. 8. – С. 167–169. – ISSN 2524-0986. iscience.in.ua/arkhyv/2022

9. **Обозов, А. Дж.** Общие вопросы развития гидроэнергетики в Республике Казахстан / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Актуальные научные

исследования в современном мире. – 2022. – Вып. 1 (81). – Ч. 8. – С. 170–173. – ISSN 2524-0986. iscience.in.ua/arkhyv/2022

10. **Обозов, А. Дж.** К одной из задач создания гравитационных водоворотных гидроэлектростанций / А. Дж. Обозов, Т. Т. Медеров, К. Н. Оразбаев // Вестн. КГУСТА им. Н. Исанова. – 2022. – Т. 1. – № 2 (76). – С. 326–334. – E-ISSN 1694-8181. elibrary.ru/item.asp?id=48491406

11. **Обозов, А. Дж.** Применение среды KompasFlow для демонстрации течения жидкости гравитационной водоворотной ГЭС / А. Дж. Обозов, Т. Т. Медеров, Р. А. Акпаралиев, К. Н. Оразбаев // Проблемы автоматики и упр. – 2022. – № 2 (44). – С. 32–40. – E-ISSN 1694-836X. elibrary.ru/item.asp?id=49227575

12. **Обозов, А. Дж.** Особенности преобразования энергии гидропотока гравитационной микроГЭС / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Проблемы автоматики и упр. – 2022. – № 2 (44). – С. 85–91. – E-ISSN 1694-836X. elibrary.ru/item.asp?id=49227582

13. **Обозов, А. Дж.** Методика расчета мощности гравитационной микроГЭС с воздушной воронкой / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев, Т. Т. Медеров, З. Ш. Айдарбеков // Изв. Нац. акад. наук Кыргызской Республики. – 2022. – № 5. – С. 322–328. – ISSN 0002-3221. elibrary.ru/item.asp?id=49389401

14. **Обозов, А. Дж.** Методика синтеза геометрических параметров лопастей турбины гравитационной микроГЭС [Текст] / А. Дж. Обозов, К. Н. Оразбаев // Изв. КГТУ им. И. Раззакова. – 2022. – № 3 (63). – С. 90–96. – ISSN 1694-8343. elibrary.ru/item.asp?id=49853776

15. **Оразбаев, К. Н.** Модернизация рабочего колеса бироторного микроГЭС (БМГЭС) / К. Н. Оразбаев, М. Т. Медетбеков, М. Б. Джоошбеков // Проблемы автоматики и упр. – 2022. – № 3 (45). – С. 59–64. – E-ISSN 1694-836X. elibrary.ru/item.asp?id=50020283

16. **Orazbayev, K.** Generic mathematical model of a non-pressurized gravitational microhydroelectric power plant / K. Orazbayev // International Journal of Professional Science. – 2023. – N 4. – P. 97–100. – ISSN 2542-1085. elibrary.ru/item.asp?id=53960857

17. **Obozov, A.** Research and development of a gravitational water vortex micro-HPP in the conditions of Kyrgyzstan / A. Obozov, R. Akparaliev, T. Mederov, B. Ashimbekova, A. Tolomushev, K. Orazbaev // Energy Reports. – 2023. – Vol. 10. – P. 544–557. – E-ISSN 2352-4847. webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001040313000001

18. **Пат. 2345 Кыргызская Республика, МПК F 01 В 3/00, F 03 В 3/04.** Бироторная гидроэнергетическая установка (БГЭУ) [Текст] / Обозов А. Д., Акпаралиев Р. А., Медеров Т. Т., Оразбаев К. Н. ; заявитель и патентообладатель Обозов Алайбек Джумабекович, Акпаралиев Руслан Абдысаматович, Медеров Таалайбек Тынычтыкович, Оразбаев Казбек Найманказиевич. – № 20220024.1 ; заявл. 01.04.22 ; опубл. 31.05.24, Бюл. № 6. – 5 с. : ил. base.patent.kg/iz.php?action=search_list&f000=3751

РЕЗЮМЕ

**диссертации Оразбаева Казбека Найманказиевича на тему:
«Исследование и разработка практических методов расчета
гравитационно-водоворотной микроГЭС» на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.14.08 – энергоустановки
на основе возобновляемых видов энергии**

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, автономный потребитель, гравитационная микроГЭС, классификационная таблица, роторная турбина, коэффициент трансформации, математическая модель, воздушная воронка, коэффициент заполняемости, экспериментальный стенд.

Объект исследования: гравитационно-водоворотная микроГЭС.

Цель работы: данная работа посвящена разработке научно обоснованных методов расчёта и проектирования гравитационно-водоворотной микроГЭС для электроснабжения малоэнергоёмких автономных потребителей.

Полученные результаты: Получена новая аналитическая зависимость расчёта мощности гравитационной микроГЭС с учётом доли энергии движущейся массы воды от её напорной составляющей, названной коэффициентом трансформации K . Разработана методика синтеза геометрических параметров лопастей роторной гидротурбины, обеспечивающей максимальный отбор мощности от водяного потока с исключением положения мёртвой точки турбины. Построена математическая модель процесса взаимодействия водяного потока с роторной турбиной для расчёта её выходной мощности при различных скоростях и расходах водяного потока. Установлена качественная картина распределения давления внутри гидротурбины до и после лопастей на основе моделирования течения в турбинной камере с использованием программного продукта KompasFlow. Создан алгоритм с построением обобщённой математической модели на основе пакета расширения Simulink в среде MATLAB, позволяющей на основе входных параметров турбинной камеры (площади входных и выходных сечений, высота, напор и т.д.) определить выходные параметры (мощность, момент, КПД и т.д.). Изучено влияние формы и геометрии воздушной воронки на коэффициент заполнения турбинной камеры и установления зависимости выходной мощности турбины от её величины. Спроектирован и создан испытательный гидравлический стенд для проведения экспериментальных исследований. Разработанные методы, модели, созданные алгоритмы и результаты исследований внедрены в учебный процесс кафедры «Энергетика» АО «АЛТ Университет имени Мухамеджана Тынышпаева» при подготовке студентов по образовательной программе «Электроэнергетика».

Область применения: гравитационно-водоворотная микроГЭС предназначена для электроснабжения децентрализованных малоэнергоёмких автономных потребителей.

Оразбаев Казбек Найманказиевичтин
05.14.08 – кайра калыптануу энергия түрлөрүнүн негизиндеги
энерготүзүлүштөр адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты
илимий даражасына изденүүдөгү «Гравитациялык-айланма микрогэсти
эсептөөнүн практикалык методдорун изилдөө жана иштеп чыгуу»
темасына жазылган диссертациялык ишине
КОРУТУНДУ

Негизги сөздөр: энергиянын калыптанма булактары, автономдуу керектөөчү, гравитациялык микроГЭС, классификация таблицасы, ротордук турбина, трансформация коэффициенти, математикалык модель, аба воронкасы, толтуруу коэффициенти, эксперименталдык стенд.

Изилдөө объектиси: Гравитациялык микроГЭС.

Иштин максаты: бул иш аз энергия сыйымдуу автономдуу керектөөчүлөрдү электр менен жабдуу үчүн гравитациялык микроГЭСти эсептөөнүн жана долбоорлоонун илимий негизделген методдорун иштеп чыгууга арналган.

Аткарылган иштердин жыйынтыгы: Потенциалдуу тартылуу күчү аз установкалардын классын эсепке алуу менен микроГЭСтердин жаңы классификациялык таблицасы иштелип чыкты жана курулду. К трансформациялоо коэффициенти деп аталган суунун кыймылдуу массасынын энергия үлүшүн эске алуу менен гравитациялык микроГЭСтин кубаттуулугун эсептөөнүн жаңы аналитикалык көз карандылыгы алынган. Суунун агымынын ар кандай ылдамдыктарында жана агымынын ылдамдыгында анын чыгуу кубаттуулугун эсептөө үчүн синтезделген айлануучу турбиналар менен суунун агымынын өз ара аракеттенүү процессинин математикалык модели курулган. KompasFlow программалык продуктусун колдонуу менен турбиналык камерадагы агымды моделдөөнүн негизинде гидравликалык турбинанын ичиндеги басымдын калактарга чейин жана андан кийинки бөлүштүрүлүшүнүн сапаттык сүрөтү түзүлдү. MATLAB чөйрөсүндөгү Simulink кеңейтүү пакетинин негизинде жалпыланган математикалык моделди куруу менен алгоритм түзүлдү, бул турбиналык камеранын кириш параметрлеринин (кирүүчү жана чыгуучу бөлүмдөрдүн аянттары, бийиктиги, басымы ж.б.) негизинде чыгуу параметрлерин (кубат, момент, эффективдүү ж.б.) аныктоого мүмкүндүк береді. Турбина камерасынын толтуруу коэффициенти аба воронкасынын формасынын жана геометриясынын таасири жана турбинанын чыгышынын кубаттуулугу анын чоңдугуна көз карандылыгын аныктоо изилденген. Эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн гидравликалык сыноо стенди иштелип чыккан жана түзүлгөн.

Колдонуу областы: гравитациялык микроГЭС алыш аралыкта жайгашкан, аз энергияны талап кылган автономдуу керектөөчүлөрдү электр энергиясы менен жабдуу үчүн арналган.

SUMMARY

of the dissertation Orazbayev Kazbek Naimankazievich on the theme «Research and development of practical calculation methods for gravity-vortex microelectric power station» for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.14.08 – power stations based on renewable energy

Keywords: renewable energy sources, autonomous consumer, gravitational micro-hydro power plant, classification table, rotary turbine, transformation coefficient, fluid flow modeling, lattice theory, Navier-Stokes equation, mathematical model, air funnel, occupancy coefficient, experimental stand.

Object of research: gravitational micro-hydro power plant.

The aim of work: this work is devoted to the development of scientifically based methods for calculating and designing gravitational micro-hydro power plant for power supply to low-energy autonomous consumers.

Obtained results: A new classification table of micro-hydro power plants has been developed and constructed taking into account the class of low-potential gravitational plants. A new analytical dependence for calculating the power of a gravitational micro-hydro power plant has been obtained taking into account the share of energy of the moving mass of water from its pressure component, called the transformation coefficient K . A method has been developed for synthesizing the geometric parameters of the blades of a rotary hydro turbine, providing maximum power take-off from the water flow using the turbine dead center position. A mathematical model has been constructed for the process of interaction of the water flow with the synthesized rotor turbine to calculate its output power at different speeds and flow rates of the water flow. A qualitative picture of the pressure distribution inside the turbine before and after the blades has been established based on modeling the flow in the turbine chamber using the KompasFlow software product. An algorithm has been created with the construction of a generalized mathematical model based on the Simulink expansion package in MATLAB, which allows determining the output parameters (power, torque, efficiency, etc.) based on the input parameters of the turbine chamber (input and output cross-sections, height, pressure, etc.). The influence of the shape and geometry of the air funnel on the filling factor of the turbine chamber and the establishment of the dependence of the turbine output power on its value have been studied. A hydraulic test bench has been designed and created for conducting experimental studies.

Range of application: the gravitational micro-hydro power plant is designed to supply electricity to decentralized low-energy autonomous consumers.