

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление Агроинженерия
Профиль Электрооборудование и электротехнологии
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: «Электроснабжение фермерского хозяйства с разработкой
конусной турбины для малогабаритной ГЭС»

Шифр ВКР.35.03.06.007.20.МГЭС.00.00.ПЗ

Студент группы Б 261-03


подпись

Иванов А.С.
Ф.И.О.

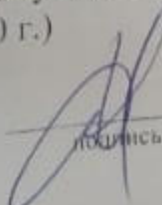
Руководитель к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Хусаинов Р.К.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 12 от 17 июня 2020 г.)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Халиуллин Д.Т.
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление Агроинженерия

Профиль Электрооборудование и электротехнологии

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

/ Д.Т. Халиуллин/

« 02 » апрель 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Иванову Алексею Сергеевичу

Тема ВКР «Электроснабжение фермерского хозяйства с разработкой конусной турбины для малогабаритной ГЭС»

утверждена приказом по вузу от « 22 » мая 2020 г. № 178

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 19.06.2020

3. Исходные данные

1. Материалы преддипломной практики;

2. Научно-техническая и справочная литература

3. Патенты малогабаритной ГЭС.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор;

2. Технологическая часть

3. Конструктивная часть;

5. Перечень графических материалов

1. Обзор существующих конструкций гидротурбин

2. План цеха с освещением.

3. Конструктивно-технологическая схема

4. Сборочные чертежи предлагаемой гидроэлектростанции.

5. Рабочие чертежи предлагаемой конструкции.

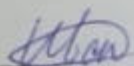
6. Консультанты по ВКР

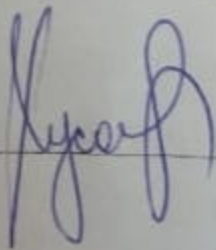
Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	доц. Гаязиев И.И.

7. Дата выдачи задания 04.05.2020

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	1 раздел	21.05.20	100%
2	2 раздел	04.06.20	100%
3	3 раздел	18.06.20	100%

Студент _____  / Иванов А.С. /

Руководитель ВКР _____  / Хусаинов Р.К. /

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Иванова А.С. на тему: «Электроснабжение фермерского хозяйства с разработкой конусной турбины для малогабаритной ГЭС»

Работа состоит из пояснительной записки на листах машинописного текста и графической части на _____ листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает _____ рисунков, _____ таблицы. Список использованной литературы содержит _____ наименований.

Во введении обоснована актуальность темы проекта.

В первом разделе выполнен литературно-патентный обзор. Рассмотрены существующие гидротурбины. Проведен анализ технических решений существующих конструкций гидротурбин, выявлены недостатки конструкций. Поставлены цели и задачи проектирования.

Второй раздел электротехническая часть. Здесь приведены расчет и выбор гидроагрегата, аппаратуры управления и защиты, электропроводки соединяющий мини ГЭС и фермерское хозяйство. Приведен расчет и выбор трансформатора. Приведены результаты расчета обеспечения малого фермерского хозяйства электроэнергией.

В третьем разделе приведено описание предлагаемого конструктивного решения, выполнен расчет конструктивных элементов мини ГЭС и разработана конструкция гидротурбины. и дано экономическое обоснование конструкции. Разработаны мероприятия безопасности труда при работе с конструкцией.

Записка завершается выводами и предложениями.

ANNOTATION

To the final qualifying work of A. Ivanov on the topic: “Power supply to the farm with the development of a cone turbine for a small-sized hydroelectric power station”

The work consists of an explanatory note on the sheets of typewritten text and a graphic part on ____ sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, three sections, conclusions and includes ____ figures, ____ tables. The list of used literature contains ____ items.

The introduction substantiates the relevance of the project theme.

The first section contains a literature and patent review. Existing hydroturbines are considered. The analysis of technical solutions of existing designs of hydraulic turbines is carried out, design flaws are revealed. Design goals and objectives are set.

The second section is the electrical part. Here is the calculation and selection of the hydraulic unit, control and protection equipment, electrical wiring connecting the mini hydroelectric power station and farming. The calculation and selection of the transformer is given. The results of calculating the provision of electricity to a small farm are presented.

The third section provides a description of the proposed design solution, the calculation of the structural elements of a mini hydroelectric power station, and the design of a hydraulic turbine. And given the economic rationale for the design. Occupational safety measures are developed when working with the structure.

The note ends with conclusions and suggestions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	10
1.1 Использование энергии движения воды для получения электрической энергии	10
1.2 Анализ существующих малогабаритных ГЭС.....	20
2 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	25
2.1. Расчет суточного потребления энергии.....	25
2.2. Расчет и выбор оборудования для гидроэнергетической установки.....	29
2.3. Расчет и выбор гидроагрегата.....	32
2.4. Расчет и выбор аппаратуры управления и защиты.....	33
2.5. Расчет электропроводки соединяющий малогабаритных ГЭС и фермерское хозяйство.....	35
3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ.....	36
3.1 Выбор и обоснование конструкций	36
3.2 Расчет и обоснование конструкторской разработки	46
3.3 Техника безопасности.....	51
3.6 Физическая культура на производстве	56
3.5 Экономическое обоснование конструкции	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	65
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в широкой печати, в выступлениях ведущих российских и зарубежных ученых на конференциях, а также в специальной литературе пересматривается отношение к темпам и перспективам использования природного топлива для выработки энергии. Предлагается сократить его расход на энергетические нужды, сохранив будущим поколениям для производства продуктов питания и органического синтеза. Растет интерес к новым методам получения энергии, в том числе к более широкому использованию возобновляемых источников энергии (различные аспекты применения Энергии Солнца, геотермальных вод и т. п.). Рассматриваются новые схемы преобразования энергии, объединенные единым термином «экоэнергетика», под которым подразумеваются любые методы получения чистой энергии, не вызывающие загрязнения окружающей среды.

Действительно, современная энергетика в качестве топлива использует в основном горючие ископаемые, т. е., по сути дела, аккумулированную солнечную энергию. Если исходить из разведанных запасов топлива, можно полагать, что через 80 лет все природные топливные ресурсы мира будут исчерпаны. Но так как число разведанных месторождений постоянно возрастает, то цифра увеличивается до 140 - 150 лет. Любые прогнозы - пессимистические и оптимистические - сводятся к следующему выводу: запасы горючих ископаемых в обозримое время будут исчерпаны, и перед человечеством встанет проблема энергетического голода. Уже сейчас финансовые затраты, связанные с энергетикой, чрезвычайно велики. Это подрывает энергетические программы даже ведущих промышленно развитых государств Запада, и во многом сдерживает экономику развивающихся стран. Но главная причина озабоченности связана не только с необходимостью увеличения темпов добычи и полноты извлечения нефти и других видов ископаемого топлива: современное человечество бездумно расходует запасы ценнейшего сырья, которое понадобится будущим поколениям для

производства химических препаратов, органических материалов, моющих средств и т.п. Задача ученых и инженеров - находить более эффективные способы использования существующих видов топлива и разрабатывать новые методы обеспечения человечества энергией.

Новейшие исследования направлены преимущественно на получение электрической энергии из энергии воды. Стремление освоить производство возобновляемых источников энергии (ВИЭ) привело к появлению на свет множества таких агрегатов. Малые и миниГЭС предназначены для снабжения электроэнергией отдельных домов и хозяйств.

Считается, что энергию воды целесообразно направлять на приведение в действие относительно небольших агрегатов для подъема воды в сельском хозяйстве, нагрева воды и энергоснабжения некоторых коммунальных объектов, для обеспечения энергетических потребностей теплиц, производства электрической энергии при совместной работе гидроэлектрических и топливных электростанций или местных энергосистем, для получения водорода из морской воды с помощью специализированных гидроэлектростанций большой мощности (причем в последующем кислород пойдет в первую очередь в технологических нужд, а водород - для получения электрической энергии в специальных топливных установках).

Малогабаритная ГЭС сооружаются преимущественно для постоянного тока, гидроколесо приводит в движение динамо-машину - генератор электрического тока, который одновременно заряжает параллельно соединенные аккумуляторы.

ВИЭ - это наиболее перспективный способ использования источника энергии. Имеется необходимый потенциал для создания в короткие сроки гидроагрегатов с низкоскоростными безредукторными электрогенераторами, современной аппаратурой регулирования и преобразования электроэнергии, уникальными характеристиками, обеспечивающими их конкурентоспособность на мировом рынке.

Целью данной разработки является создание автономного источника энергии для электроснабжения малого фермерского хозяйства, чем будет являться гидроустановка малогабаритной ГЭС мощностью до 4 кВт.

Для достижения поставленной цели следует выполнить следующие задачи:

1. Разработать гидроэнергетическую установку мощность 4 кВт, предназначенную для энергообеспечения фермерского хозяйства.
2. Построить график суточного потребления электроэнергии и провести его анализ, который покажет максимальную мощность потребляемую фермерским хозяйством.
3. Произвести расчет и выбор оборудования.
4. Сделать конструктивные и прочностные расчеты конструкторской работы гидроэнергетической установки малогабаритной ГЭС и произвести патентный поиск по разработкам, направленным на улучшение использования ИЭ.
5. Предусмотреть требования по охране труда, мерам безопасности и экологии, а также проведена оценка экономической эффективности разработки.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Использование энергии движения воды для получения электрической энергии

Без сомнения, энергообеспечение – одна из наиболее актуальных проблем человечества. Мировые запасы нефти и газа стремительно уменьшаются и недалёк тот день, когда они будут полностью исчерпаны. Это понимают все, и поэтому с каждым годом всё большее число специалистов изучает возможности их равноценной замены. Сегодня существует несколько направлений альтернативной энергетики: использование солнечной энергии и энергии ветра, биоэнергетика, геотермальная энергетика [2].

Каждое из этих направлений отличается определёнными достоинствами и недостатками. И поэтому необходимо определиться: какой альтернативный источник энергии лучше всего подходит для удовлетворения нужд человечества и в то же время наносит минимальный ущерб природе.

В данном разделе мы поговорим о потенциале гидроэнергетики, рассмотрим её сильные и слабые стороны, затронем экологические аспекты эксплуатации гидроэлектростанций.

Потенциал гидроэнергетики можно определить, суммировав все существующие на планете речные стоки. Расчёты показали, что мировой потенциал равен пятидесяти миллиардам киловатт в год. Но и эта весьма впечатляющая цифра составляет лишь четверть от количества осадков, ежегодно выпадающих во всём мире.

С учётом условий каждого конкретного региона и состояния мировых рек действительный потенциал водных ресурсов составляет от двух до трёх миллиардов киловатт. Эти цифры соответствуют годовой выработке энергии в 10000 – 20000 миллиардов киловатт в час (приведены данные ООН).

Чтобы осознать потенциал гидроэнергетики, выраженный этими цифрами, следует сопоставить полученные данные с показателями нефтяных теплоэлектростанций. Чтобы получить такое количество электроэнергии,

станциям, работающим на нефти, требовалось бы около сорока миллионов баррелей нефти каждый день.

Вместе с тем, не теряет актуальность вопрос: какую долю этого природного богатства человечество может позволить себе использовать? Для ответа на этот вопрос необходимо представлять возможные последствия работы гидроэлектростанций для окружающей среды.

Основные преимущества гидроэнергетики очевидны. Разумеется, главным преимуществом гидроресурсов является их возобновляемость: запас воды практически неисчерпаем. При этом гидроресурсы значительно опережают в развитии остальные виды возобновляемых источников энергии и способны обеспечивать энергией большие города и целые регионы.

Кроме того, пользоваться этим источником энергии можно достаточно просто, что подтверждается длительной историей гидроэнергетики. Например, генераторы гидроэлектростанций можно включать или выключать в зависимости от энергопотребления. Себестоимость строительства гидроэлектростанций является довольно низкой.

В то же время достаточно спорным является вопрос о влиянии гидроэнергетики на окружающую среду. С одной стороны, эксплуатация гидроэлектростанций не приводит к загрязнению природы вредными веществами.

Но в то же время образование водохранилищ требует затопления значительных территорий, зачастую плодородных, а это становится причиной негативных изменений в природе. Например, плотины часто перекрывают рыбам путь к нерестилищам, но в то же время благодаря этому обстоятельству значительно увеличивается количество рыбы в водохранилищах и развивается рыболовство.

Первоначально энергию потока воды использовали в приводах рабочих машин - мельниц, станков, молотов, воздуходувок и т.д. С изобретением гидравлической турбины, электрической машины и способа передачи электроэнергии на значительные расстояния гидроэнергетика приобрела новое

значение уже как направление электроэнергетики, связанное с освоением водной энергии путем преобразования ее в электрическую на гидроэлектрических станциях (ГЭС). ГЭС являются мобильными энергетическими установками, выгодно отличающимися от тепловых электростанций в отношении регулирования частоты, покрытия пиковых нагрузок и обеспечения аварийного резерва энергосистемы.

Технический потенциал гидроэнергетических ресурсов крупных и средних рек России оценивается мощностью в 240 млн. кВт или 2100 млрд. кВт ч годовой выработки электрической энергии, а экономически эффективные гидроэнергетические ресурсы составляют около 125 млн.кВт или 1095 млрд кВт/ч. ГЭС удовлетворяют около 15% общей потребности в электроэнергии. В ряде районов России (особенно в Азиатской части) ГЭС составляют основу энергетического хозяйства.

Однако использование гидроэнергии применительно к нашей стране имеет некоторые особенности. По имеющимся данным, 7% речного стока приходится на реки, впадающие в Балтийское, Черное и Азовское моря, примерно 21% - в Берингово, Охотское, Японское моря, 9% - в Каспийское море и Арал, 63% - в моря Северного Ледовитого океана, то есть основная масса энергоресурсов находится в восточных районах, в то время как большая часть населения проживает в западных и южных районах страны.

Другая важная особенность использования гидроресурсов заключается в значительной неравномерности речного стока во времени, зависящей от разнообразных причин (величины водосточа, его рельефа, климатической зоны и т.д.). По данным института "Гидропроект", сток в бассейнах Волги, Дона и Днепра в многоводные годы может превышать среднюю величину в 1,5-2 раза, а в маловодные - уменьшаться до 0,7-0,6 от среднего значения. То же характерно и для других рек. Это ведет к тому, что часть агрегатов ГЭС не работает и выработка электроэнергии существенно падает по сравнению с проектной. Например, в маловодные годы и при низком уровне водохранилища на Красноярской ГЭС работают 1-2 агрегата общей

мощностью 500-1000 тыс. кВт вместо установленных 12 агрегатов. Кроме того, проявляется еще одна особенность в эксплуатации гидроресурсов. В летнее время требуется заполнять водохранилища ГЭС, чтобы сравниться с максимальными нагрузками осенью и зимой, а вода в этот период требуется для полива сельскохозяйственных культур.

Гидроэнергия в качестве энергоресурса имеет принципиальные преимущества по сравнению с углем или ядерным топливом. Ее не нужно добывать, как-либо обрабатывать, транспортировать, ее использование не дает вредных отходов и выбросов в атмосферу. В некоторых случаях плотины гидростанций позволяют регулировать речной сток, они надежны, просты в эксплуатации (по сравнению с ТЭС и АЭС), дешевы. Вода водохранилищ может использоваться в сельском хозяйстве для полива, в них можно разводить рыбу. Одним словом, достоинства ГЭС являются достаточно серьезными для принятия решения о их строительстве.

Однако при размещении ГЭС на равнинных реках отчуждаются плодородные пойменные земли, что, безусловно, является отрицательным моментом. Необходимо учитывать также, что с ростом площади водохранилищ ГЭС происходит снижение скорости воды, что неблагоприятно сказывается на их водно-химическом и гидробиологическом режимах. Наличие плотин, в большинстве своем без рыбоподъемников, оказывает серьезное отрицательное влияние на ценные породы промысловых рыб. Наконец, серьезную опасность представляют высотные плотины при их случайном или намеренном разрушении. Указанные недостатки гидроэнергии свидетельствуют о необходимости всестороннего экологического сопоставления вариантов сооружения ГЭС и других альтернативных источников.

Хотелось бы обратить внимание на возможности бесплотинных ГЭС, которые могут быть сооружены на малых реках и даже ручьях. Например, по сообщениям печати, Каджисайский электротехнический завод в Киргизии изготовил опытную микро-ГЭС мощностью 1,5 кВт для установки на

небольших ручьях с достаточным напором и подготовил их серийный выпуск. Вес микроГЭС - 90 кг, ее можно быстро установить на месте, она надежна и проста в обслуживании. Поэтому увеличение числа бесплотинных ГЭС на малых реках может оказаться полезным для удовлетворения энергопотребностей поселков и деревень. Это тем более необходимо в связи с истощением гидроресурсов в европейской части России и необходимостью передачи энергии из Сибири.

Гидроэлектростанция (ГЭС) — электростанция, в качестве источника энергии использующая энергию водного потока. Гидроэлектростанции обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища.

Для эффективного производства электроэнергии на ГЭС необходимы два основных фактора: гарантированная обеспеченность водой круглый год и возможно большие уклоны реки, благоприятствуют гидростроительству каньонообразные виды рельефа.

Основной принцип работы гидроэлектростанций (ГЭС) (рис. 1) заключается в преобразовании механической энергии воды, обусловленной разностью высот, в электрическую энергию посредством турбины и генераторов. Существуют несколько разновидностей гидроэлектростанций: плотинные, деривационные и гидроаккумулирующие станции.

Плотинные ГЭС наиболее распространенный и мощный тип станций. Здесь используется плотина для перегораживания русла рек и создание водоема. Спуск воды производится либо для поддержания уровня в водоеме, либо когда возникает спрос на электроэнергию.

Деривационный тип не использует весь поток реки как плотинные ГЭС, а посредством каналов и водостводов забирает только часть воды из реки для подачи на турбину. Соответственно для таких станций строительство плотины не требуется.

Гидроаккумулирующие станции перекачивают воду из более низкого резервуара в более высокий, когда спрос и цена на электроэнергию не высоки, и когда спрос меняется сбрасывает воду и вырабатывает электричество.

Существуют еще, так называемые морские станции, работающие за счет энергии приливов и волн.

Потенциал гидроэнергетики в Казахстане оценен в 30 млрд.кВт ч в год.

Что обеспечивают ГЭС?

Электроэнергию для

- Централъных электросетей;
- Изолированных электросетей;
- Удаленных источников энергии.

...а также...

- Надежность;
- Очень низкие эксплуатационные затраты;
- Уменьшение зависимости от изменения цен на электроэнергию.

Принцип работы

Принцип работы ГЭС достаточно прост. Цепь гидротехнических сооружений обеспечивает необходимый напор воды, поступающей на лопасти гидротурбины, которая приводит в действие генераторы, вырабатывающие электроэнергию (Рисунок 1).



Рисунок 1.1 -- Принципиальная схема ГЭС

Необходимый напор воды образуется посредством строительства плотины, и как следствие концентрации реки в определенном месте, или деривацией — естественным током воды. В некоторых случаях для получения необходимого напора воды используют совместно и плотину, и деривацию.

Непосредственно в самом здании гидроэлектростанции располагается все энергетическое оборудование. В зависимости от назначения, оно имеет свое определенное деление. В машинном зале расположены гидроагрегаты, непосредственно преобразующие энергию тока воды в электрическую энергию. Есть еще всевозможное дополнительное оборудование, устройства управления и контроля за работой ГЭС, трансформаторная станция, распределительные устройства и многое другое.

Гидроэлектрические станции разделяются в зависимости от вырабатываемой мощности:

- Мощные — вырабатывают от 25 МВт до 250 МВт и выше;
- Средние — до 25 МВт;
- Малые гидроэлектростанции — до 5 МВт.

Мощность ГЭС напрямую зависит от напора воды, а также от КПД используемого генератора. Из-за того, что по природным законам уровень воды постоянно меняется, в зависимости от сезона, а также еще по ряду причин, в качестве выражения мощности гидроэлектрической станции принято брать циклическую мощность. К примеру, различают годичный, месячный, недельный или суточный циклы работы гидроэлектростанции.

Гидроэлектростанции также делятся в зависимости от максимального использования напора воды:

- Высоконапорные — более 60 м;
- Средненапорные — от 25 м;
- Низконапорные — от 3 до 25 м.

В зависимости от напора воды, в гидроэлектростанциях применяются различные виды турбин. Для высоконапорных - ковшовые и радиально осевые турбины с металлическими спиральными камерами. На средненапорных ГЭС устанавливаются поворотлопастные и радиально-осевые турбины, на низконапорных - поворотлопастные турбины в железобетонных камерах. Принцип работы всех видов турбин схож - вода, находящаяся под давлением (напор воды) поступает на лопасти турбины, которые начинают вращаться.

Механическая энергия таким образом, передается на гидротурбинный генератор, который и вырабатывает электроэнергию.

Турбины различаются некоторыми техническими характеристиками, а также камерами - железными или железобетонными, и рассчитаны на различный напор воды. Гидроэлектрические станции также разделяются в зависимости от принципа использования природных ресурсов, и, соответственно, образующейся концентрации воды. Здесь можно выделить следующие ГЭС:

- Руслловые и приплотинные ГЭС. Это наиболее распространенные виды гидроэлектрических станций. Напор воды в них создается посредством установки плотины, полностью перегородившей реку, или поднимающей уровень воды в ней на необходимую отметку. Такие гидроэлектростанции строят на многоводных равнинных реках, а также на горных реках, в местах, где русло реки более узкое, сжатое;

- Плотиновые ГЭС. Строятся при более высоких напорах воды. В этом случае река полностью перегородивается плотиной, а само здание ГЭС располагается за плотиной, в нижней её части. Вода, в этом случае, подводится к турбинам через специальные напорные тоннели, а не непосредственно, как в руслловые ГЭС;

- Деривационные гидроэлектростанции. Такие электростанции строят в тех местах, где велик уклон реки. Необходимая концентрация воды в ГЭС такого типа создается посредством деривации. Вода отводится из речного русла через специальные водоводы. Последние — спрямлены, и их уклон значительно меньший, нежели средний уклон реки. В итоге вода подводится непосредственно к зданию ГЭС. Деривационные ГЭС могут быть разного вида: безнапорные, или с напорной деривацией. В случае с напорной деривацией, водовод прокладывается с большим продольным уклоном. В другом случае в начале деривации на реке создается более высокая плотина, и создается водохранилище — такая схема еще называется смешанной деривацией, так как используются оба метода создания необходимой концентрации воды;

Гидравкумулирующие электростанции. Такие ГАЭС способны аккумулировать вырабатываемую электроэнергию, и пускать её в ход в моменты пиковых нагрузок. Принцип работы таких электростанций следующий: в определенные моменты (времена не пиковой нагрузки), агрегаты ГАЭС работают как насосы и закачивают воду в специально оборудованные верхние бассейны. Когда возникает потребность, вода из них поступает в напорный трубопровод и, соответственно, приводит в действие дополнительные турбины.

В гидроэлектрические станции, в зависимости от их назначения, также могут входить дополнительные сооружения, такие как шлюзы или судоподъемники, способствующие навигации по водоему, рыбопропускные, водозаборные сооружения, используемые для ирригации и многое другое. Ценность гидроэлектрической станции состоит в том, что для производства электрической энергии, они используют возобновляемые природные ресурсы. Ввиду того, что потребности в дополнительном топливе для ГЭС нет, конечная стоимость получаемой электроэнергии значительно ниже, чем при использовании других видов электростанций.

Гидроэнергетика в мире

На 2017 год гидроэнергетика обеспечивает производство до 63% возобновимой и до 19% всей электроэнергии в мире, установленная гидроэнергетическая мощность достигает 715 ГВт. Лидерами по выработке гидроэнергии на гражданина являются Норвегия, Исландия и Канада. Наиболее активное гидростроительство на начало 2000-х ведёт Китай, для которого гидроэнергия является основным потенциальным источником энергии, в этой же стране размещено до половины малых гидроэлектростанций мира.

Малая гидроэнергетика

Россия располагает большим гидроэнергетическим потенциалом (9% от мировых запасов)

Будущее развитие гидроэнергетики в нашей стране специалисты связывают со строительством мини-ГЭС малой мощности — с незначительной зоной затопления и отказом от гигантских плотин на крупных реках.

Существуют целые регионы, где занятость населения и его жизненные блага напрямую зависят от своевременной доставки органического топлива к тепловым и дизельным электрическим станциям, в то время как в большинстве из них имеются неисчерпаемые запасы надёжного возобновляемого источника электрической энергии - воды.

Реальным выходом из создавшегося положения может стать восстановление и укрепление роли малой гидроэнергетики в развитии производительных сил общества, как альтернативного источника энергии.

Тем более, что современный уровень техники позволяет создавать оборудование для Микро и Малых ГЭС, обеспечивающее качество электрической энергии при работе на изолированного Потребителя, не уступающее по своим параметрам качеству электроэнергии, производимой крупными тепловыми и гидроэлектростанциями.

Говоря о малой гидроэнергетике, речь, прежде всего, следует вести об агрегатах мощностью от 1,5 до 100 кВт для Микро и агрегатах мощностью до 1000 кВт, включительно, для Мини гидроэлектростанций. Это объясняется наличием серийно производимого оборудования (генераторы, редукторы etc.) для комплектации гидроагрегатов, что во многом определяет их стоимость.

Энергетическое оборудование для малой гидроэнергетики можно разделить

1. По мощности:
 - агрегаты для Микро ГЭС мощностью до 100 кВт включительно
 - агрегаты для Мини ГЭС мощностью до 1000 кВт включительно
2. По условиям эксплуатации:
 - работа параллельно с промышленной сетью
 - работа на изолированного потребителя

Гидростанции малой энергетики по характеру исполнения подразделяются на:

- стационарные приплотинные, с совмещением плотины и здания ГЭС
- стационарные бесплотинные с трубопроводом напорной деривации
- мобильные в контейнерном исполнении, с использованием в качестве напорной деривации пластиковых труб или гибких армированных рукавов
- переносные мощностью до 10 кВт, при использовании их, как путём сооружения небольшой плотины, так и с напорной деривацией
- погружные бесплотинные мощностью до 5 кВт (при скорости течения воды в водотоке порядка 3 метров в секунду), водяное колесо, гиляндная ГЭС, ротор Дарье, пропеллер

1.2 Анализ существующих малогабаритных ГЭС

Гидраагрегаты для малых ГЭС предназначены для эксплуатации в широком диапазоне напоров и расходов с высокими энергетическими характеристиками.

Малогабаритные ГЭС - надежные, экологически чистые, компактные, быстроокупаемые источники электроэнергии для деревень, хуторов, дачных поселков, фермерских хозяйств, а также мельниц, хлебопекарен, небольших производств в отдаленных, горных и труднодоступных районах, где нет поблизости линий электропередач, а строить такие линии сейчас и дороже, и дороже, чем приобрести и установить МиниГЭС.

В комплект входят: энергоблок (турбина-3, генератор-5), водозаборное устройство (2), выпускной коллектор (4) и устройство автоматического регулирования (6).

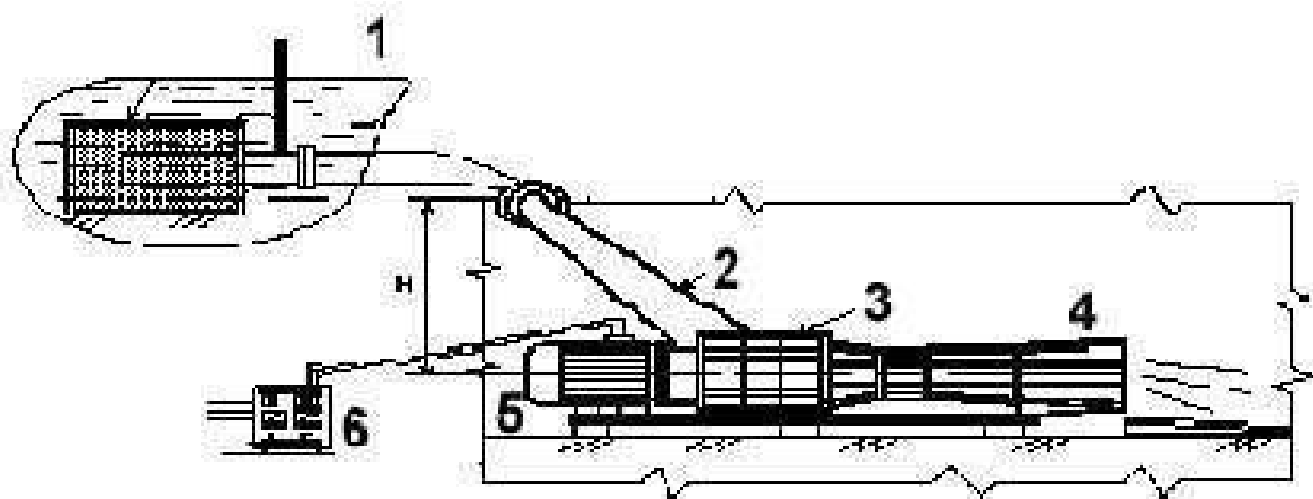


Рисунок 1.2 - Схема установки миниГЭС

Имеется успешный опыт эксплуатации оборудования на перепадах уже существующих плотин, каналов, систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий и объектов городского хозяйства, очистных сооружений, оросительных систем и питьевых водоводов.

Погружная малогабаритная ГЭС новой конструкции

Описание

Разработано оригинальное автономное устройство для преобразования энергии водяного потока в электрическую. Устройство применяется в погруженном состоянии. Имеет простую и надежную конструкцию карвасного и бескарвасного типа, обеспечивающую высокую универсальность и гибкость применения. Легко устанавливается и монтируется практически в любом месте водоема.

Принцип действия устройства заключается в передаче энергии движущегося потока воды, или любой другой среды, через лопасти и охватывающий шпильки бесконечный гибкий трос (цепь) валу для последующей генерации электрической энергии. Лопасти имеют двухстворчатое исполнение

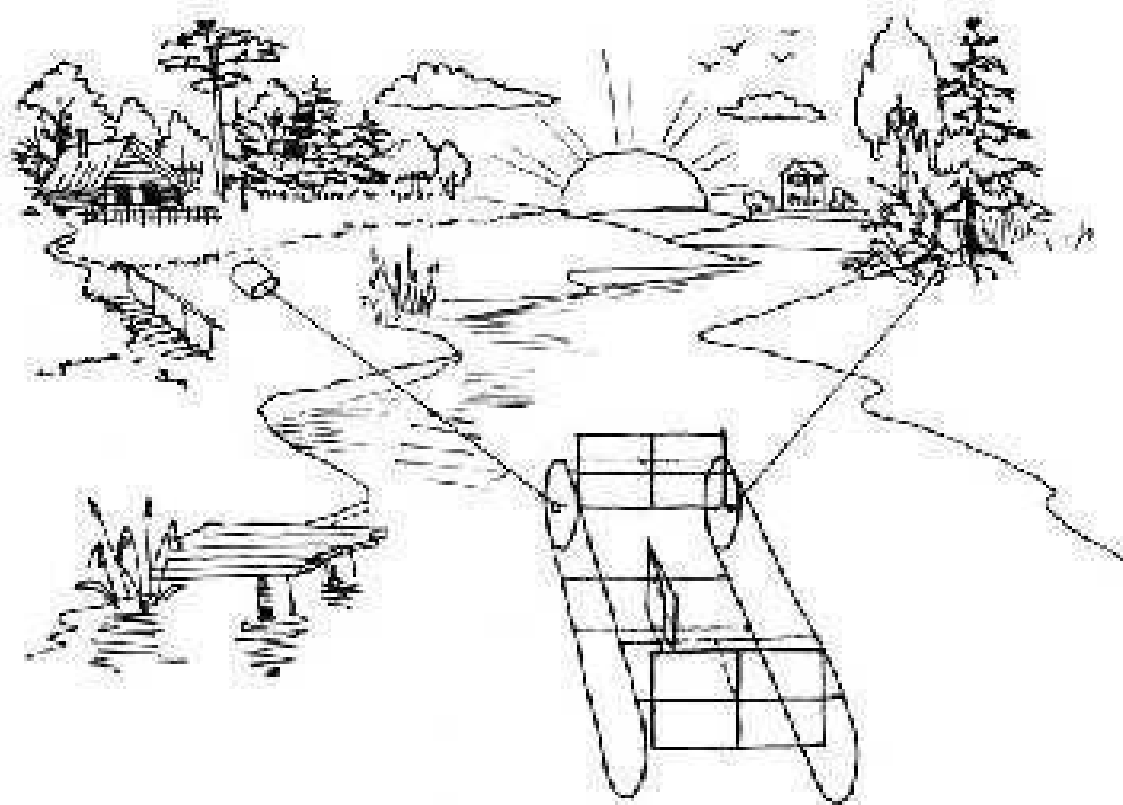


Рисунок 13 - Погружная малотабаритная ГЭС новой конструкции

При движении по ходу потока под его напором они самопроизвольно раскрываются, обеспечивая максимально возможную площадь рабочей поверхности (парусность), а при возвратном (против потока) движении - также самопроизвольно складываются, создавая минимальное, в том числе и на криволинейных участках движения, сопротивление потоку.

Применение

Устройство может эффективно эксплуатироваться на различных глубинах водоёмов в широком диапазоне напоров и скоростей течения, в том числе малых. Не требует создания специальных гидротехнических сооружений (водозаборов, плотин). В погружённом состоянии обеспечивает бесшумный режим работы, не мешает движению судов и других плавающих средств. В отличие от других типов миниГЭС может функционировать подо льдом, сохраняя работоспособность в зимний период времени.

Особенность конструкции устройства позволяет производить поэтапное наращивание его мощности за счёт установки дополнительных рабочих элементов — лопастей. (При среднестатистической скорости рек 5 км/час с 1 м² поверхности рабочей лопасти вырабатывается около 1 кВт час электроэнергии).

Наряду с выработкой электроэнергии устройство может использоваться в качестве механического привода различных агрегатов, например насосов, компрессоров.

Преимущества

Изделие характеризуется низким уровнем капитальных и эксплуатационных затрат. В разобранном виде имеет небольшие массо-габаритные характеристики. Легко транспортируется. Монтаж осуществляется в кратчайшие сроки с применением обычных инструментов. Высокая надёжность конструкции обеспечивает длительный срок эксплуатации оборудования. Практически не требуется профилактическое техническое обслуживание.



Рисунок 1.4 - Малогабаритная ГЭС Compact Hydro S80

Мини гидроэлектростанция мобильного типа. В качестве напорной деривации используются гибкие армированные рукава. Номинальная мощность данного устройства колеблется от восьмисот до девятисот киловатт. Максимальный показатель мощности - девятьсот киловатт. Работа

гидроэлектростанции рассчитана на частного пользователя и функционирует изолированно. Срок гарантии – два года. Приблизительный срок службы – от десяти до двенадцати лет.



Рисунок 1.5 - Малогабаритная ГЭС Кечарк Т10

Мини гидроэлектростанция переносного типа. Могут использоваться и в совокупности с напорной деривацией, и с построенной небольшой плотиной. При первом варианте используются пластиковые трубы. Номинальная мощность установки – от семисот до восьмисот киловатт. Максимальный показатель мощности составляет восемьсот киловатт. Данная модель предназначена для работы в изолированном режиме. Обеспечивает нагрев воды. Балластный тип управления. Гарантия – один год. Срок эксплуатации – от десяти до пятнадцати лет.

Малогабаритная ГЭС Кечарк Т20

Мини гидроэлектростанция, предназначенного для работы на изолированного потребителя. Относится к мобильному типу. При эксплуатации предусматривается использование напорной деривации. Эту функцию выполняют специальные пластиковые трубы. Номинальная мощность установки равна 300 киловатт. Максимальная мощность данной гидроэлектростанции – 300 киловатт. Существует возможность нагрева воды. Балластный тип управления. Гарантия – один год. При нормальных условиях эксплуатации срок службы устройства достигает пятнадцати лет.

2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчет суточного потребления энергии

Для точного расчета энергии, потребляемой фермерским хозяйством на освещение и питание бытовых и спецприборов необходимо определить расход электроэнергии (Вт ч) каждого потребителя в отдельности, а затем суммировать все значения.

Все потребители подразделяются на приборы освещения, основные электроприборы и прочие потребители.

В таблице 2.1 представлены все потребители энергии, которые используются в малом фермерском хозяйстве [13].

Таблица 2.1

Установленные мощности и среднее потребление электроэнергии бытовыми приборами и электрооборудованием

Приборы- потребители	Установленная мощность, Вт
Холодильник	150
Телевизор	100
Лампы L70W/54	70
Лампы БК 220-240-40	40
Погружной насос	220

В хозяйстве имеется 25 голов крупнорогатого скота, животные находятся в индивидуальных стойлах и во время производственных операций все время остаются на месте — привязное содержание [6].

Рассчитываем площадь животноводческого помещения

$$S = m \cdot S_0, \text{ м}^2, \quad (2.1)$$

где m - количество животных,

S_0 - норма площади на одну голову $\text{м}^2/\text{гол}$, где $S_0 = 4,5 \text{ м}^2/\text{гол}$ [6].

$$S=25\cdot4,5=112,5\text{ м}^2$$

Выбираем стандартную ферму на 25 коров привязного содержания [6], общей площадью 10500 м². Имеющиеся помещения и хозяйственные постройки представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2

Помещения и хозяйственные постройки фермы

Наименование	S м ²
Здание для содержания животных	120
Жилой дом	55
Площадка для хранения сельхозтехники	30
Хозяйственная постройка	25
Дезбарьер	6
Навес для хранения сена	90
Сыпосная траншея	40
Площадка для хранения корнеплодов	30

Расчетная электрическая мощность всей осветительной установки:

$$P_{\text{уд}} = P_{\text{уд}} \cdot S \text{ Вт,} \quad (2.2)$$

где $P_{\text{уд}}$ - удельная мощность осветительной нагрузки, Вт/м²;

$P_{\text{уд}} = 4,5 \text{ Вт/м}^2$ - для коровника, при доении в стойлах [6];

S - площадь помещения, м².

$$P_{\text{уд}}=4,5 \cdot 120 = 540 \text{ Вт}$$

Для производственных помещений принимаем лампы напряжением 220 В марки БК 220-240-40 [13].

Необходимое количество светильников:

$$N = P_{\text{уд}}/P_{\text{л}} \text{ шт,} \quad (2.3)$$

где $P_{\text{л}}$ - мощность одной лампы, Вт.

$$N = 540/40 = 14 \text{ шт.}$$

Для жилого дома принимаем лампы люминесцентные L 70W/54 [13].

Потребляемая мощность и количество ламп представлено в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Общее освещение и количество ламп

Наименование помещения	$P_{\text{уд}}, \text{Вт/м}^2$	$P, \text{Вт}$	Количество ламп
Жилой дом	14	770	11
Коровник	45	540	14
Овощехранилище	2	60	1
Мастерская	12	300	6
Итого		1670	32

Определяем подачу насоса, из расчета потребляемого количества воды животными, технических и личных нужд работников.

Количество воды потребляемое за сутки животными:

$$Q = n \cdot V, \text{ л} \quad (2.4)$$

где n - количество животных, $n=25$;

V - среднее количество воды, требуемое на одно животное, л, $V=15$ л [6].

$$Q = 25 \cdot 15 = 375 \text{ л.}$$

Количество воды необходимые на личные и технические нужды работников 1500 литров (т.к. на ферме работают пять человек, среднее количество воды на одного человека составляет 300 литров [6]), общее требуемое количество воды равно 1975 литров.

Исходя из полученных данных, по каталогу был произведен выбор погружного насоса: «Водолей-3» [18], имеющий следующие характеристики:

$$U=220 \pm 22 \text{ В}, P=220 \text{ Вт}, Q_{\text{н.с.}} = 1 \text{ м}^3/\text{ч} (Q_{\text{н.с.}} - \text{подача насоса}).$$

Для обеспечения хозяйства необходимым количеством воды, продолжительность работы насоса будет составлять 2 часа.

Получив все значения, требуемой потребителями, мощностей можно определить суммарную мощность.

Суммарная мощность всех потребителей хозяйства:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{хол}} + P_{\text{осв}} + P_{\text{нас}} + P_{\text{пои}} \text{ Вт.} \quad (2.5)$$

$$P_{\text{сум}} = 150 + 100 + 220 + 1670 = 2140 \text{ Вт.}$$

Принимаем зимний сезон за основу как наиболее энергоемкий период.

Холодильник работает 24 часа в сутки потребляя 150 Вт, на период в 2 часа утром и вечером выключается освещение в коровнике общее потребление лампами 540 Вт, на период 2 часа выключается погружной насос для поения коров, личных и технических нужд [6]. Самыми загруженными часами получаются: утром в период с 7 до 9 часов и вечером с 19 до 21 часов. В пиковые часы суммарная нагрузка составляет 1020 Вт (рисунок 2.1).

На случай отказа работы гидроэнергетической установки, на ферме необходимо установить резервную дизельную электростанцию.

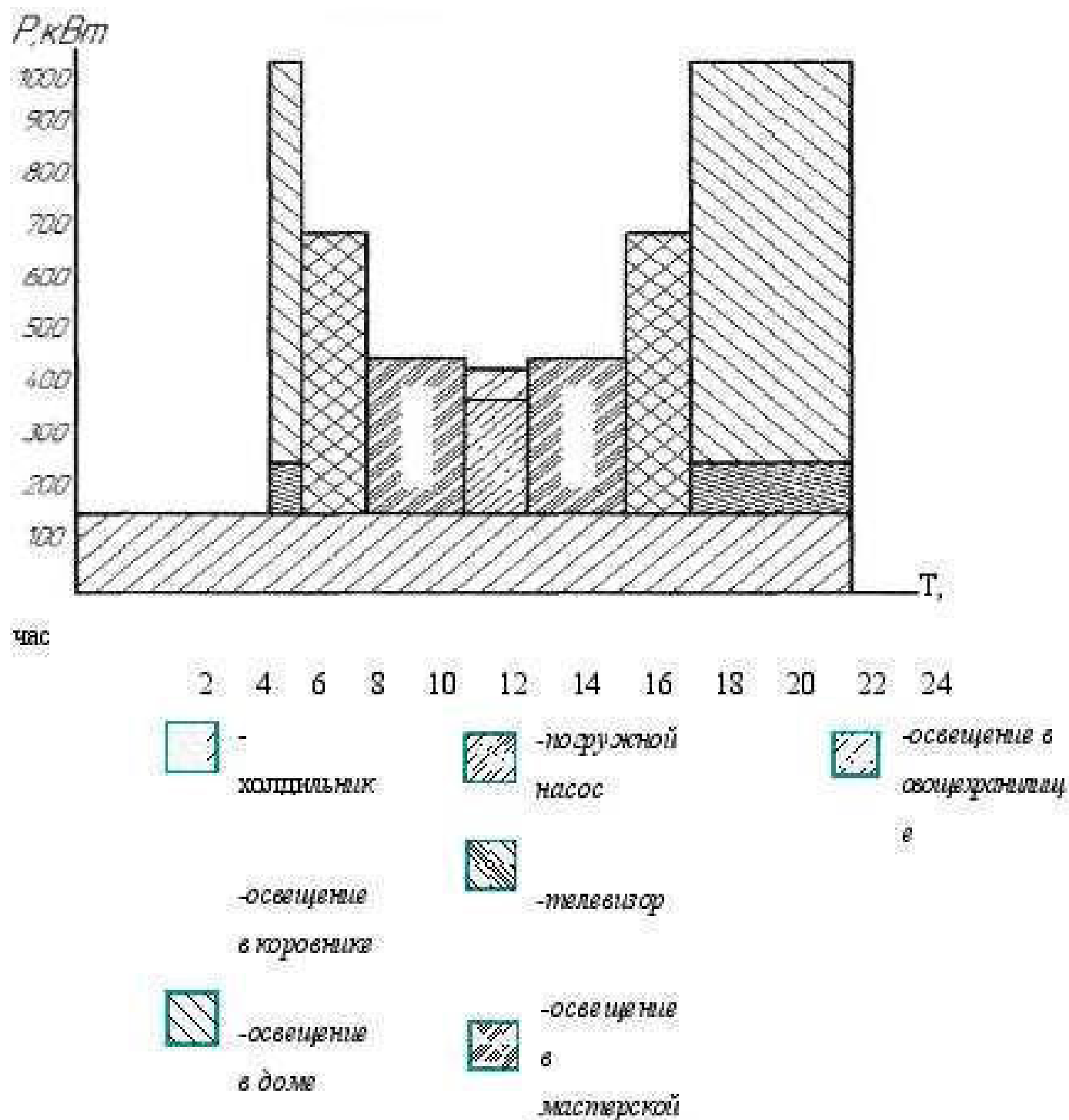


Рисунок. 2.2 - График суточного потребления электроэнергии

2.2 Расчет и выбор оборудования для гидроэнергетической установки

Потребности фермерского хозяйства в электричестве в основном промышленные: насос. Бытовые потребности: освещение, телевизор, и т.д. - по мощности намного меньше и включаются в другое время.

Исходя из того, что суммарная мощность всех потребителей равна 2140 Вт характеристикой пруда, по каталогу был произведен выбор гидроэлектростанции: миниГЭС. В таблицах 2.4 и 2.5 приведены основные технические характеристики [9].

Таблица 2.4

Основные технические характеристики миниГЭС

Мощность, (кВт)	0,6-4,0
Напор, (м)	2,0-4,5
Расход, (m^3/c)	0,07-0,14
Частота вращения, (об/мин)	1000
Номинальное напряжение, (В)	230±15-30
Номинальная частота тока, (Гц)	50±2,5

Таблица 2.5

Габаритные размеры миниГЭС

Наименование	Габариты в упаковке, (мм)	Масса в упаковке, (кг)
Энергоблок	2000x700x650	250
Устройство автоматического регулирования	1000x400x650	70

За основу принимаем пруд, из которого вода вытекает через трубу, перепад от уровня пруда до нижнего среза этой трубы равен 4 м.

Рассчитаем необходимый диаметр трубы для данной установки, исходя из основных характеристик миниГЭС и пруда.

Зная максимальную мощность установки (2,2 кВт), можно рассчитать мощность потока воды по формуле:

$$P_{\Sigma} = P_{уст}/\eta, \text{ кВт}, \quad (2.7)$$

где $P_{уст}$ - мощность установки, $P_{уст} = 2,2 \text{ кВт}$,

η - КПД. установки, $\eta = 0,8$ [7].

$$P_{\Sigma} = \frac{2,2}{0,8} = 2,75 \text{ кВт}.$$

Мощность потока воды, также определяется по формуле [10]:

$$P_{\Sigma} = gHQ \quad (2.8)$$

Из формулы (2.8) выведем расход воды:

$$Q = \frac{P_{\Sigma}}{gH}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{2750}{9,8 \cdot 4} = 70 \text{ л/с} = 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$$

Зная частоту вращения миниГЭС можно определить окружную скорость воды, которая подается из пруда на гидротурбину.

Окружная скорость воды

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu, \text{ рад/сек}, \quad (2.10)$$

где ν - частота вращения миниГЭС, $\nu = 1000 \text{ об/мин} = 16 \text{ об/сек}$.

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 16 = 100 \text{ рад/сек}.$$

Линейная скорость воды равна:

$$V = \omega \cdot R, \text{ м/с}, \quad (2.11)$$

где ω - окружная скорость воды, рад/с;

R - радиус гидротурбины миниГЭС, $R = 0,2$ м [10].

$$V = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ м/с}$$

Полученные значения скорости ($V=20$ м/с) и расхода воды ($Q=0,07$ м³/с) подставим в формулу расчета трубы.

Диаметр трубы рассчитывается по формуле [10]:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{V}} \text{ м}$$

(2.12)

где d - диаметр трубы, м; V - скорость воды, м/с;

Q - расход воды, проходящей по трубе, м³/с.

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{0,07}{20}} = 0,6 \text{ м}$$

2.3 Расчет и выбор гидроагрегата

Гидроагрегат берется из технологической части, где рассчитывается мощность электроприемника.

Выбор гидроагрегата производится по каталогу исходя из технических характеристик выбранного гидроагрегата, которые представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Техническая характеристика гидроагрегата

Тип гидроагрегата	P_n , кВт	I_n , А	U_n , В	ν , Гц	КПД, %
ГА-1	4,0	6,3	230	50	89,5

2.4 Расчет и выбор аппаратуры управления и защиты

Расчет и выбор плавких предохранителей

Номинальный ток плавкой вставки для осветительной и другой нагрузки с небольшими пусковыми токами выбирают исходя из условия:

$$I_{\text{плавк}} \geq I_{\text{нагр}}, \text{ A} \quad (2.13)$$

где $I_{\text{нагр}}$ - номинальный ток нагрузки, А.

$$I_{\text{нагр}} = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} \quad (2.14)$$

где $P_{\text{н}}$ - номинальная мощность, в пиковые часы $P_{\text{н}} = 1020 \text{ Вт}$,

$U_{\text{н}}$ - номинальное напряжение, $U_{\text{н}} = 220 \text{ В}$

$$I_{\text{нагр}} = 1020/220 = 4,64 \text{ А}$$

Исходя из условия $I_{\text{нагр}} \geq 4,64 \text{ А}$ можно принять предохранитель ПР-2-15 с номинальным током плавкой вставки 6 А [13].

Расчет и выбор автоматического выключателя

Автоматические выключатели выбирают по типу, номинальному току автомата $I_{\text{н}}$ номинальному току теплового расцепителя $I_{\text{уст.тепл}}$ и току отсечки электромагнитного расцепителя $I_{\text{уст.электр}}$.

Для автоматических выключателей номинальный ток автомата должен быть не меньше расчетного тока цепи, [5] то есть:

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{расч}} \quad (2.15)$$

Ток установки теплового расцепителя должен быть равен 1,25 расчетного тока цепи, т.е.:

$$I_{\text{уст.тепл}} = 1,25 \cdot I_{\text{расч}}, \text{ А} \quad (2.16)$$

Ток установки электромагнитного расцепителя должен быть пропорционален току наибольшей кратковременной перегрузки $I_{\text{перегр}}$ [13].

$$I_{\text{уст.электр}} = 1,25 \cdot I_{\text{перегр}}, \text{ А} \quad (2.17)$$

$$I_{\text{уст.тепл}} = 1,25 \cdot 4,64 = 5,8 \text{ А}$$

Принимаем автоматический выключатель АЗ161 с номинальным током теплового расцепителя в 15 А [13].

Защита от импульсных грозовых и коммутационных перенапряжений аппаратуры охранно-пожарной сигнализации

Для обеспечения безопасности электроустановок разрабатываемой линии и рабочего персонала в случае возникновения опасных импульсных перенапряжений (грозовой разряд, коммутационные импульсные помехи, перенапряжения и провалы напряжения в сети питания электростатический заряд) в цепь защиты и управления технологической линии включены устройства для защиты от импульсных грозовых и коммутационных перенапряжений аппаратуры охранно-пожарной сигнализации.

Таким устройством является ограничитель перенапряжений ОПН-220 УХЛ1, предназначенный для защиты от импульсных перенапряжений в стационарных электроустановках и устанавливающийся во вводных распределительных щитах. Технические характеристики приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Технические характеристики ОПН-220 УХЛ1

Параметры ограничителя	ОПН-220 УХЛ1
Номинальное напряжение, кВ	220
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	165
Оставшееся напряжение при импульсном токе 8/20 мкс с амплитудой 10000 А, не более, кВ	390
Пропускная способность: 20 воздействий импульса тока -8/ мкс с амплитудой, А -1,2/2,5 мкс с амплитудой, А	10000 550
Обозначение технических условий	ТУ 3414-31911579-2007

Защитное действие ограничителя основано на протекании через него при появлении опасных перенапряжений импульсного тока на заземляющее устройство, что обеспечивает снижение перенапряжений до безопасного значения, при котором не происходит пробоя изоляции электрооборудования.

2.5 Расчет электропроводки соединяющей мвнн ГЭС и фермерское хозяйство

Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей выбирается по условию прочности, по допустимому току и по падению напряжения

$$I_n = \frac{P}{U_n} \cdot A \quad (2.18)$$

где P - мощность нагрузки, $P=1020$ Вт;

U_n - номинальное напряжение, $U_n=220$ В.

$$I_n = \frac{1020}{220} = 4,6 \text{ A}$$

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп.}}, \quad (2.19)$$

где $\Delta U_{\text{доп.}}$ - допустимое падение напряжения (2,5%).

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{\sigma S} \cdot \eta, \% \quad (2.20)$$

где l - длина проводника, м, $l=100$ м (по плану фермерского хозяйства);

σ - коэффициент сети ($\sigma=7,7$ для однофазной сети и алюминиевых проводов), F - площадь поперечного сечения проводника, мм².

По условию прочности наименьшее сечение для алюминиевого провода 2,5 мм². По допустимому току это сечение также подходит. Принимаем провод АППВС сечением 4 мм² [13].

Данное сечение необходимо проверить по падению напряжения:

$$\Delta U = \frac{0,540 \cdot 100}{7,7 \cdot 4} \approx 1,75\%$$

$$\Delta U = 1,75\% \leq \Delta U_{\text{доп.}} = 2,5\%$$

Кабель АППВС сечением 4 мм² удовлетворяет всем условиям выбора.

3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выбор и обоснование конструкций

За основу принята гидроэнергетическая установка малогабаритной ГЭС, которая установлена вблизи пруда (рисунок 3.1).

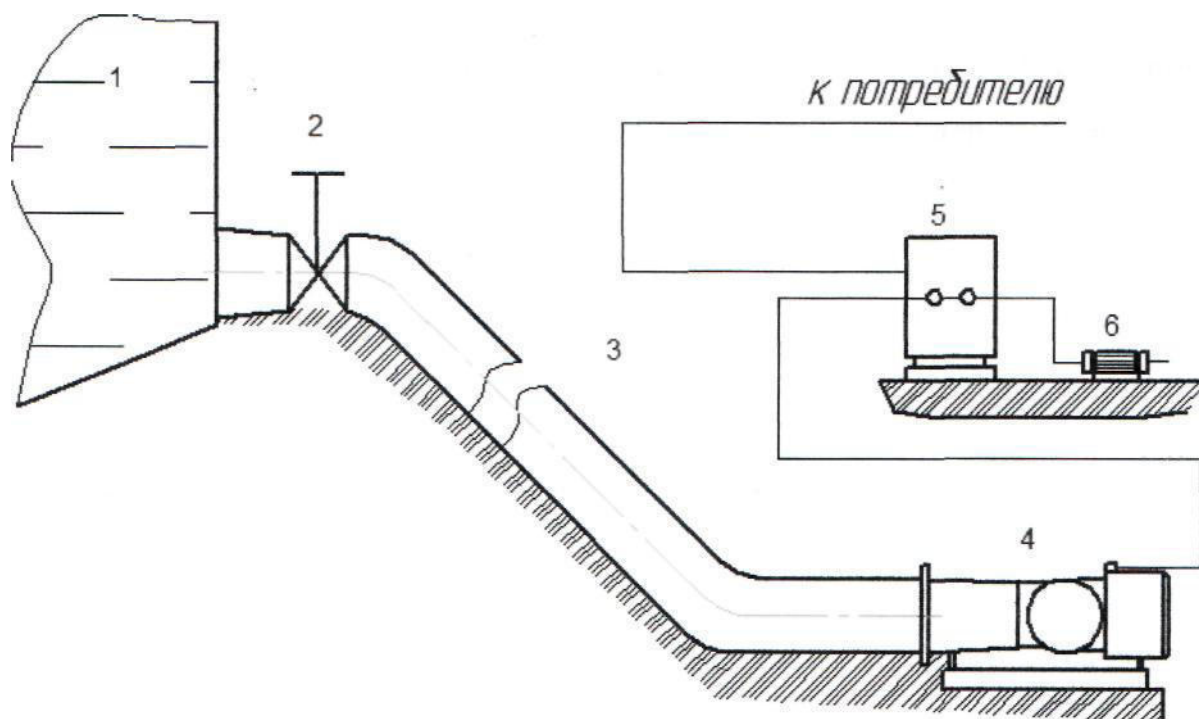


Рисунок 3.1- Схема гидроэнергетической установки
малогабаритной ГЭС

Из водохранилища 1, вода по подводящему трубопроводу 3 поступает на энергоблок 4 в составе микротурбины и генератора. Вырабатываемый электрический ток с напряжением 220 В и частотой 50 Гц поступает на клеммы блока автоматического регулирования напряжения и частоты 5,

					ВКР.35.03.06.168.20.МГЭС.00.00.ПЗ		
					Малогабаритная ГЭС		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разр.		Иванов А.С.			Лит. 1 Листов		
Провер.		Хусаинов Р.К.					
Т. Контр.					КГАУ каф. МОА группа Б261 – 03		
Реценз.							
Н. Контр.		Хусаинов Р.К.					
Утверд.		Халиуллин Д.Т.					

который путем перераспределения электроэнергии между потребителем и автобалластной нагрузкой стабилизирует параметры тока.

Расход воды регулируется задвижкой 2. Неиспользованная потребителем энергия в

нагревательных элементах автобалластной нагрузки превращается в тепло, которое можно использовать для обогрева жилищ или хозяйственных помещений.

Основной проблемой мини ГЭС является сложность конструкции и демонтаж, при какой либо поломке. В связи с этим возникла необходимость усовершенствовать мини ГЭС, т.е. создать более простую конструкцию, легкую при установке и монтаже, а также увеличить КПД мини ГЭС. Таких условий можно добиться установкой более облегченных деталей и установкой крепежных материалов, не поддающихся влиянию воды.

Гидротурбина Марченко. Патент № 2132965

Устройство предназначено для преобразования энергии потока текучей среды в механическую энергию. Обод рабочего колеса установлен в кольцевой выемке корпуса, на смежных поверхностях которого размещены поддерживающие ролики, а концы лопастей рабочего колеса свободно размещены относительно друг друга в центральной части горловины рабочего колеса. На внешней поверхности обода установлено зубчатое колесо, кинематически связанное с приводным валом. Гидротурбина компактна, проста в изготовлении и имеет высокий КПД.

Изобретение относится к области гидромашиностроения и может быть использовано в осевых прямоточных, малонапорных, реактивных пропеллерных турбинах для малых ГЭС.

Ближайшим техническим решением, взятым за прототип, является устройство гидротурбины, содержащей корпус с водозаборником, направляющие лопатки и рабочее колесо с лопастями, прикрепленными к внутренней поверхности обода, установленного с зазором относительно корпуса, а также она снабжена вакуумной системой, включающей вакуумный

насос с приводом от рабочего колеса, подключенный при помощи трубопровода к полости между ободом и корпусом.

Известная конструкция гидротурбины исключает размещение некоторых узлов в горловине рабочего колеса, повышающих гидросопротивление, однако она имеет следующие недостатки. Выполнение значительного зазора между удлинненным корпусом и ободом требует постоянного наличия вакуумной системы, снабженной трубкой Вентури, что обуславливает сложность ее изготовления и работу, а также требует дополнительной затраты электроэнергии на работу вакуумного насоса. А размещение в центральной части горловины обтекателя также повышает гидросопротивление потоку. А это все снижает КПД гидротурбины и усложняет ее конструкцию.

Задачей изобретения является создание простой, компактной гидротурбины с повышенной эффективностью работы путем исключения препятствий в проточном тракте, создающих гидродинамическое сопротивление в центральной части горловины рабочего колеса, за счет размещения лопастей рабочего колеса, в предлагаемом устройстве, на внутренней поверхности обода и свободно размещенных их относительно друг друга в центральной части горловины, чем обеспечивается свободный прямой поток жидкости в горловине, снижающий до минимума динамическое сопротивление.

Предлагаемое устройство гидротурбины позволяет повысить КПД турбины за счет создания в проточном тракте сквозного движения жидкости с увеличенной скоростью потока и его динамического напора путем уменьшения гидродинамического сопротивления, создаваемого в прототипе, установкой в центральной части горловины рабочего колеса-обтекателя направляющих лопаток, соединенных друг с другом в центральной части горловины и установкой трубки Вентури для вакуумной системы.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в устройстве гидротурбины, содержащей неподвижный корпус, рабочее колесо с лопастями, установленными на внутренней поверхности обода,

					ВКР.350306.168.18.МГЭС.00.0073	Лист
Вкл.	Лист	№ докум. №	Подпись	Дата		3

размещенного в зазоре относительно корпуса, согласно изобретению, обод размещен в кольцевой выемке корпуса, на смежных поверхностях корпуса с ободом размещены поддерживающие ролики, а концы лопастей рабочего колеса свободно размещены относительно друг друга в центральной части горловины рабочего колеса, при этом на внешней поверхности обода установлено зубчатое колесо, кинематически связанное с приводным валом. На смежных поверхностях корпуса с ободом установлены поддерживающие ролики на подшипниках скольжения. В предлагаемом техническом решении отличительные признаки не являются характеристикой целых частей целого объекта, которые сами могут быть целыми и самостоятельными объектами, со своими функциями, поэтому в отрыве от других частей (признаков) они не классифицируются, а совокупность признаков, изложенных в отличительной части формулы, не была обнаружена в известных технических решениях, поэтому предлагаемое решение соответствует требованию "изобретательского уровня".

Выполнение предложенной гидротурбины, в которой обод размещен в кольцевой выемке корпуса и опирающегося на поддерживающие ролики, установленные на смежных с ним поверхностях корпуса, а также свободная установка концов лопастей рабочего колеса в центральной части горловины обеспечивает в проточном тракте сквозное движение жидкости с увеличенной скоростью потока, за счет уменьшения гидросопротивления текущей среды, что обеспечивает повышение КПД турбины. Предлагаемая гидротурбина компактна, простая в изготовлении, ее конструкция позволяет устанавливать в ряд несколько турбинных блоков как продольно, так и поперек потока, и эксплуатировать ее при любом положении в пространстве (при горизонтальном, вертикальном или наклонном потоке) без изменений в ее конструкции, что может использоваться в микро ГЭС на малонапорных потоках. Гидротурбина Марченко изображена на рисунке 3.2.

Гидротурбина содержит неподвижный корпус 1, состоящий из двух частей, с кольцевой выточкой 2, в которой размещен обод 3 рабочего колеса 4, на котором установлены рабочие лопатки 5 на внутренней поверхности 6

обода 3. Обод 3 установлен в выемке 2 с зазором 7 между корпусом 1 и ободом 3 рабочего колеса 4. На смежных поверхностях корпуса 1 с ободом 3 размещены поддерживающие роллики 8, 9, установленные на подшипниках скольжения 10. Концы лопаток 5 рабочего колеса 4 установлены свободно относительно друг друга в центральной части горловины 11 рабочего колеса 4. На внешней поверхности 12 обода 3 рабочего колеса 4 установлено зубчатое колесо 13, кинематически связанное посредством зубчатого колеса 14 с приводным валом 15. В корпусе 1 выполнены отверстия 16 для подвода охлаждающей жидкости в выемку 2 корпуса 1 для охлаждения рабочего колеса 4.

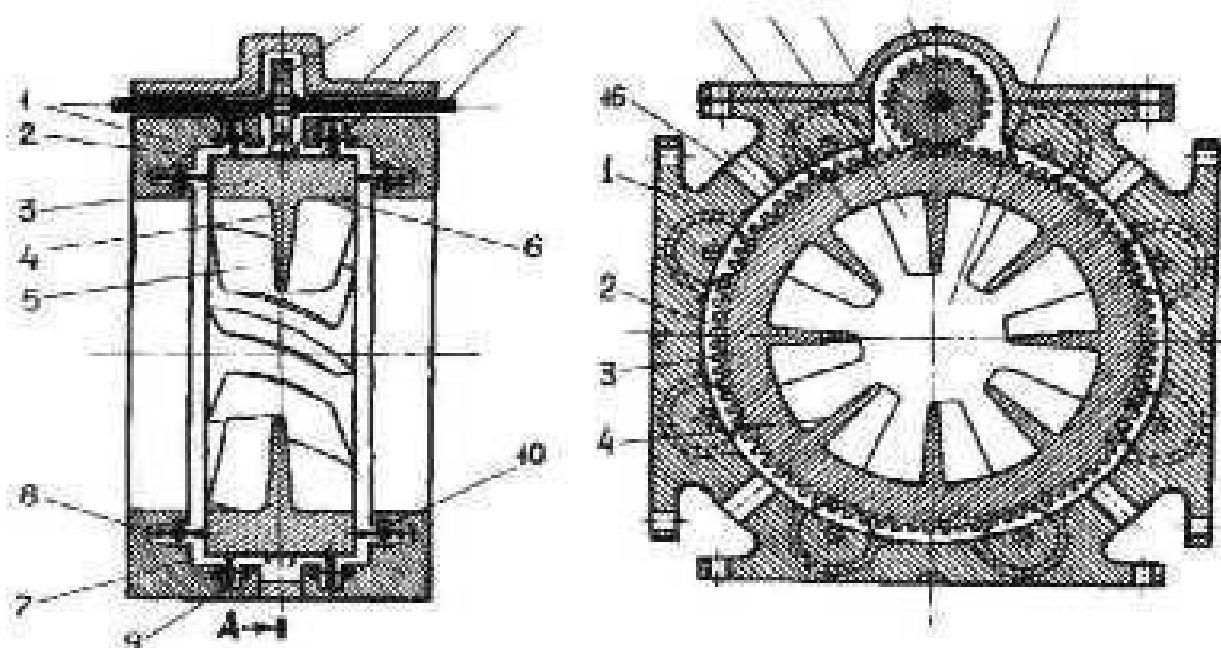


Рисунок 3.2 - Гидротурбина Марченко

Гидротурбина работает следующим образом. Под напором потока реки рабочее колесо 4 вращается и вращает зубчатое колесо 13, размещенное на внешней поверхности 12 обода 3 рабочего колеса 4. Зубчатое колесо 13 в зацеплении с зубчатым колесом 14, размещенным на приводном валу 15, отдает мощность потребителю. Сквозной свободный поток жидкости, проходя в центральной части горловины 11 за счет снижения гидросопротивления, позволяет увеличить скорость потока и расход воды.

обеспечивает увеличение напора, что повышает мощность гидротурбины и позволяет ее использовать для выработки электроэнергии малыми ГЭС.

Конструкция предлагаемой гидротурбины позволяет создавать из отдельных гидротурбин (турбинных блоков) сотовые гидромашины для эксплуатации как широких потоков (поперечное исполнение с несколькими проточными трактами), так и узких потоков (продольное, многоступенчатое исполнение с одним, двумя проточными трактами), используя один рабочий вал, кинематически связанный с несколькими рабочими колесами. Это позволит достичь максимального коэффициента использования энергетического потенциала каждого конкретного потока.

Наиболее применимыми материалами при изготовлении статорной и роторной части предлагаемой гидротурбины являются легкие высокопрочные пластмассы с низким коэффициентом трения и не поддающиеся коррозии и разрушению от действия среды, в которой эксплуатируются [2].

Рабочее колесо пропеллерной гидротурбины. Патент № 2156883.

Изобретение относится к области гидротурбостроения. В рабочем колесе, содержащем корпус с конусом и лопасти с присоединительными фланцами, закрепленные в ответных гнездах корпуса, фланец каждой лопасти выполнен в форме прямоугольника, а гнезда у конца корпуса со стороны корпуса выполнены открытыми, что позволяет выдвинуть лопасти через эти открытые стороны в осевом направлении и тем самым вывести их из рабочей камеры без демонтажа рабочего колеса. Использование изобретения позволяет уменьшить трудоемкость технического обслуживания рабочего колеса турбины. Изобретение относится к области гидротурбостроения и может быть использовано при изготовлении рабочих колес пропеллерных гидротурбин, в пропеллерных гидротурбинах лопасти рабочего колеса постоянно закреплены оптимальным углом установки. При этом каждая лопасть оснащена присоединительным фланцем, который

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
Вкл.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

установлен в соответствующем гнезде корпуса и закреплен в нем, в частности болтами. Такое традиционное рабочее колесо является ближайшим аналогом настоящего изобретения.

В рабочем колесе пропеллерной гидротурбины только лопасти требуют периодического осмотра и, при необходимости, ремонта или замены. Для этого необходимо осуществлять демонтаж лопастей. Однако в известных пропеллерных гидротурбинах фланец лопасти традиционно выполняют круглым с размещением его в глубоком круглом гнезде корпуса, а поэтому лопасти невозможно демонтировать через камеру рабочего колеса, которая не позволяет выдвинуть лопасти с фланцем из цилиндрических гнезд корпусов в радиальном направлении. Поэтому приходится демонтировать все рабочее колесо, что увеличивает трудоемкость технического обслуживания. Основной задачей настоящего изобретения явилось создание такого рабочего колеса пропеллерной гидротурбины, в которой лопасти были бы соединены с корпусом таким образом, чтобы каждую лопасть можно было бы демонтировать отдельно с выводом из камеры рабочего колеса.

Эта задача решается в рабочем колесе пропеллерной гидротурбины, которое содержит корпус с конусом и лопасти с присоединительными фланцами, закрепленными в ответных гнездах корпуса, и в котором, в соответствии с сущностью настоящего изобретения, фланец каждой лопасти выполнен в форме прямоугольника, а гнезда в корпусе со стороны конуса выполнены открытыми.

Такое решение позволяет после разборки фланцевого соединения сдвинуть каждую лопасть в осевом направлении через открытую сторону гнезда, а затем вынуть через отсасывающую трубку, что значительно увеличивает ремонтпригодность рабочего колеса. Кроме того прямоугольная форма фланца лопасти исключает вероятность ее разворота, устраняя действие соответствующего момента сил на крепежные болты и тем самым исключая необходимость установки специальных шпонок, воспринимающих усилия среза от момента, которые существуют в рабочих колесах

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

традиционного исполнения. Прямоугольная форма фланца согласно изобретению, помимо описанных выше достоинств, имея большую площадь, чем традиционно выполняемые круглые фланцы, позволяет увеличить площадь заделки корневого сечения лопасти и тем самым повысить ее прочность и жесткость.

Фланец лопасти может быть скреплен с корпусом с помощью обычно применяемого болтового соединения, но может быть использовано и другое известное соединение фланца с корпусом, в частности, в форме ласточкина хвоста, способное противостоять действию центробежной силы. Осевая сила, действующая на лопасть, относительно невелика и во многих случаях усилия стягивания болтового соединения может оказаться достаточным для восприятия этого усилия. Однако при необходимости значительного повышения запаса прочности можно применить какое-либо специальное известное средство для восприятия осевой силы. Одним из таких средств может быть палец, вставленный с внутренней стороны корпуса через отверстие в нем во фланец лопасти.

Сущность настоящего изобретения поясняется следующим далее подробным описанием одного из примеров его реализации, изображенного на прилагаемых чертежах. Рабочее колесо пропеллерной гидротурбины изображено на рисунке 3.3.

Рабочее колесо пропеллерной гидротурбины, как это изображено на чертежах, содержит корпус 1 с закрепленным у его конца конусом 2 и лопасти 3. Каждая лопасть 5 выполнена с присоединительным фланцем 4, к которому у корневого сечения выполнен плавный переход. Фланец 4 имеет прямоугольную форму и установлен в отвечающее ему по форме и размерам гнездо 5 в корпусе 1 рабочего колеса. Гнездо 5 выполнено со стороны конуса 2 открытым. Фланец 4 скреплен с корпусом 1 с помощью болтов 6.

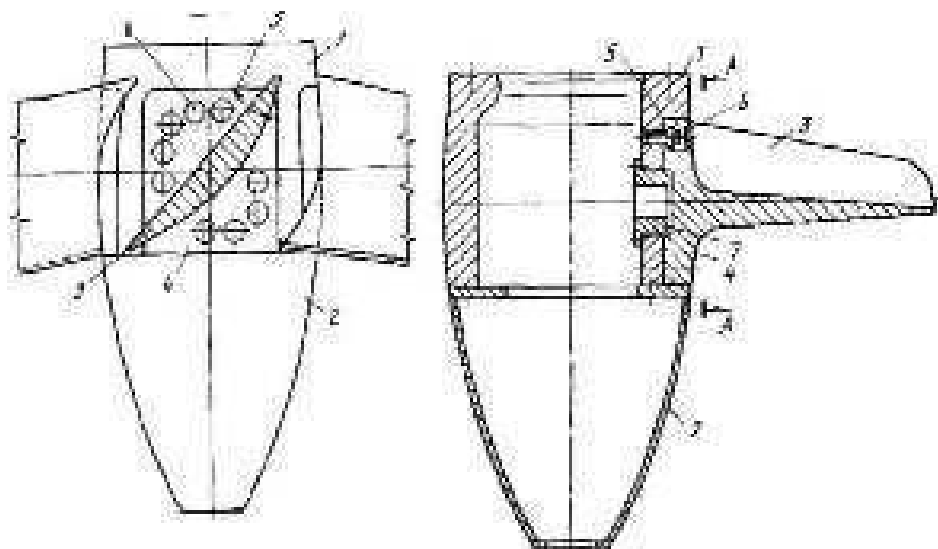


Рисунок 3.3- Рабочее колесо пропеллерной гидротурбины

С внутренней стороны корпуса 1 через отверстие в нем установлен палец 7, входящий своим концом в выточку фланца 4 и тем самым фиксирующий лопасть 3 от смещения в осевом направлении.

При необходимости съема лопастей 3 сначала демонтируется конус 2. Затем у снимаемых лопастей выдвигается из выточки во фланце 4 лопасти палец 7, вывинчиваются крепежные болты 6 и лопасти смещаются вниз (по чертежу) через открытую сторону гнезда 5 до выхода из этого гнезда. Установка лопастей осуществляется в обратном порядке [2].

Гидротурбина. Патент № 2277182.

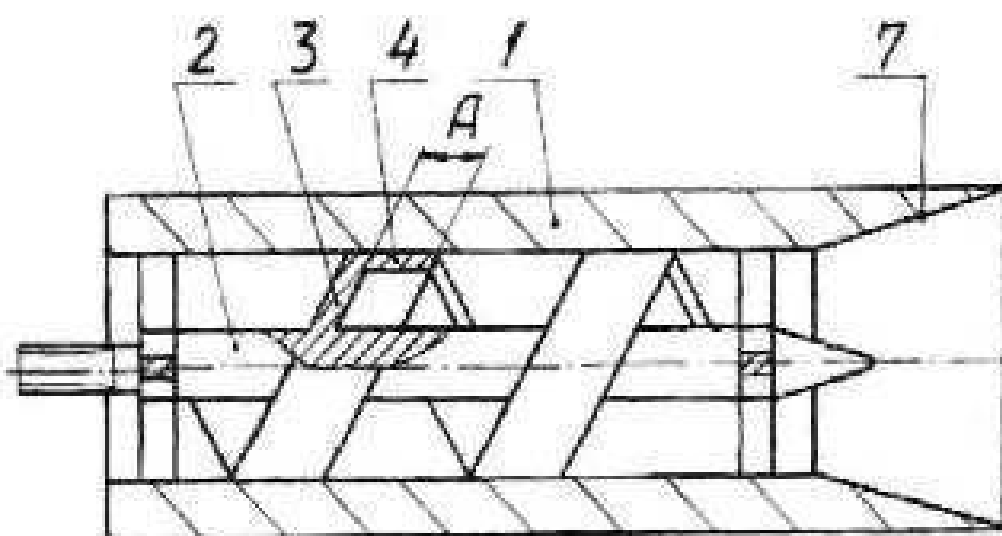
Устройство предназначено для преобразования кинетической энергии потока воды малых рек и приливов. Гидротурбина содержит корпус и колесо с винтовой лопастью, при этом лопасть выполнена с полкой в виде цилиндрической спирали, закрепленной на лопасти. Конструкция гидротурбины позволяет обеспечить увеличение передачи энергии потока колесу и уменьшить потери на трение о неподвижный корпус и тем самым повысить ее КПД. Данная гидротурбина изображена на рисунке 3.4.

Изм.	Лист 1	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.0306.168.18.11ГЭС.00.00.ПЗ

Лист 1

9



1-корпус; 2-колесо; 3-винтовая лопасть; 4-полка; 6-раструб

Рисунок 3.4- Гидротурбина

Изобретение относится к энергетике и может быть использовано для отбора энергии потока малых рек и приливов.

Известна гидротурбина, содержащая корпус и колесо с винтовой лопастью (винтовое колесо).

По своим признакам и достигаемому результату эта гидротурбина наиболее близка к заявляемой и принята за прототип.

Недостаток такой гидротурбины заключается в низком КПД, объясняемом значительными потерями энергии потока из-за торможения его периферийной части корпусом гидротурбины.

Задачей изобретения является повышение КПД.

Для решения этой задачи усовершенствуется гидротурбина, содержащая корпус и колесо с винтовой лопастью.

Усовершенствование состоит в том, что винтовая лопасть выполнена в виде Г-образного профиля.

Выполнение винтовой лопасти в виде Г-образного профиля увеличивает площадь контакта потока с винтовой лопастью за счет ее полки и соответственно уменьшает площадь контакта потока с корпусом гидротурбины, благодаря чему увеличивается передача энергии потока колесу

и уменьшаются потери энергии потока на трение о неподвижный корпус и тем самым повышается КПД турбины.

Предлагаемая гидротурбина содержит корпус 1 и колесо 2 с винтовой лопастью 3. Винтовая лопасть 3 выполнена в виде Г-образного профиля с полкой 4.

В варианте исполнения турбины винтовая лопасть 3 выполнена с полкой 5 в виде отдельной цилиндрической спирали, скрепленной с другой частью винтовой лопасти 3 винтами 6 с возможностью изменения выплета А полки 5.

При работе поток воды направляется раструбом 7 корпуса 1 вдоль гидротурбины и, воздействуя на винтовую лопасть 3 с полкой 4 (5), вызывает вращение колеса, которое передается на электрогенератор (при этом благодаря полке повышается воздействие энергии потока на колесо и уменьшаются контакт и непроизводительные потери энергии, вызванные торможением потока о корпус между витками винтовой лопасти).

Гидротурбина по изобретению (благодаря увеличенному воздействию потока на колесо и уменьшению его потерь на трение о корпус) имеет повышенный КПД [13].

В результате проведенного патентного поиска в качестве аналога гидротурбины принимается техническое решение по А.С. 2277182 RU F03B7/00.

3.2 Расчет и обоснование конструкторской разработки

Выбор муфты

Выбор муфты осуществляется исходя из следующих технических данных:

диаметр вала равен 43 мм.

Крутящий момент на валу равен:

$$T = \frac{9550}{n} \cdot P, \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3.1)$$

где P- мощность генератора, кВт, P=2,2 кВт. n- обороты вала.

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

$$T = \frac{9550 \cdot 2200}{1000} = 21 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Для соединения гидротурбины с электродвигателем мы выбираем упругую втулочно - пальцевую муфту (ГОСТ 21424-93) (см. рисунок 3.5) [3].

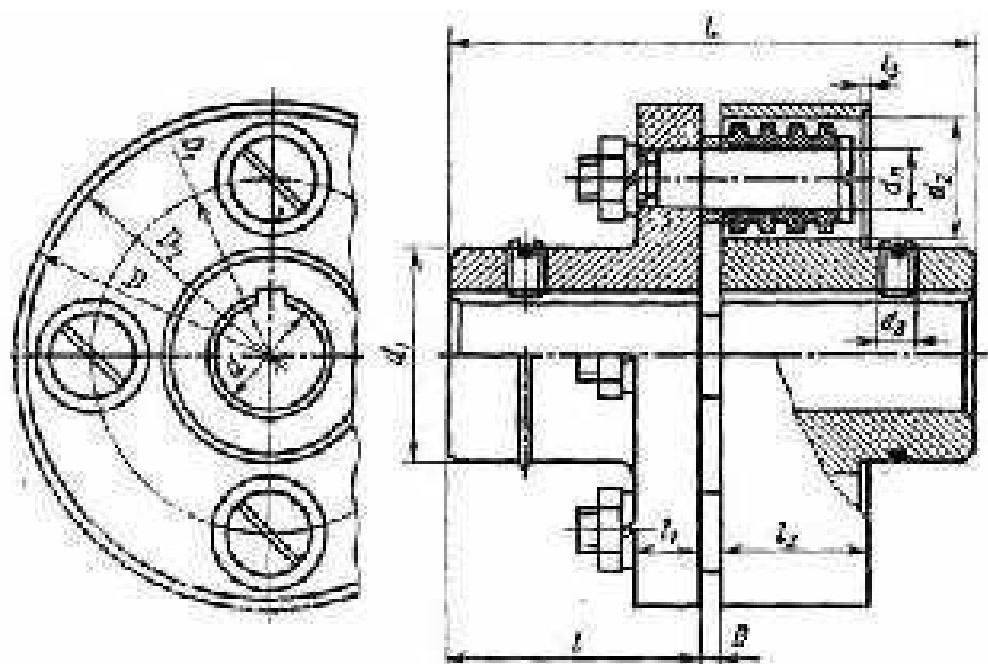


Рисунок 3.5- Упругая втулочно-пальцевая муфта (ГОСТ 21424-93)

Расчетный вращающий момент рассчитывается по формуле:

$$T_p = k_p \cdot T_{ном} \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3.2)$$

где k_p - расчетный коэффициент, учитывающий динамические нагрузки в условиях эксплуатации, $k_p = 1,5$ [3];

$T_{ном}$ - номинальный вращающий момент передаваемый ведущим валом, Н м.

$$T_p = 1,5 \cdot 21 = 31,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Технические данные муфты приведены в таблице 3.1 [3].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.13

Лист

12

Таблица 3.1-Технические данные упругой втулочно-пальцевой муфты

Номинальный вращающий момент $T, \text{кН}\cdot\text{м}$	$d, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$L, \text{мм}$		$L, \text{мм}$		$D, \text{мм}$	Число пальцев	$n, \text{мм}^2$	$B, \text{мм}$	$B_1, \text{мм}$	$L_1, \text{мм}$	$a_1, \text{мм}$	$a_2, \text{мм}$	$a_3, \text{мм}$
			Короткие концы валов	Длинные концы валов	Короткие концы валов	Длинные концы валов									
31,5	40	170	225	175	110	85	130	8	3600	5	56	18	71	28	

Упругая втулочно - пальцевая муфта широко распространена в приводах с электродвигателем. Полумуфты не имеют непосредственного металлического контакта. Вращающий момент передается пальцами, жестко закрепленными на одной полумуфте, на пальцы надеты резиновые втулки (или набор колец).

Такие муфты допускают значительный осевой разбег (до $\Delta = 15 \text{ мм}$), но относительно небольшое радиальное смещение ($e = 0,3 \dots 0,5 \text{ мм}$) и угол перекоса валов ($\alpha < 1^\circ$). При больших монтажных погрешностях и наличии вибраций резиновые втулки быстро изнашиваются, поэтому втулочно-пальцевые муфты применяют в приводах, смонтированных на жестких литых или сварных рамах [3].

Выбор основных параметров гидротурбины

Определим мощность гидротурбины по формуле [10]:

$$P = \frac{P_r}{\eta}, \text{ кВт} \quad (3.3)$$

где P_r - мощность генератора, кВт, $P_r = 2,2 \text{ кВт}$;

η - КПД гидротурбины, (для пропеллерных турбин $\eta = 0,84$ [10]).

$$P = \frac{2,2}{0,84} = 2,62 \text{ кВт}$$

Зная напор и соответствующую мощность гидротурбины, можно определить диаметр рабочего колеса гидротурбины.

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Диаметр рабочего колеса определяется по формуле [10]:

$$D = \sqrt{\frac{P}{9,81 \cdot Q \cdot \eta \cdot H \cdot \sqrt{H}}} \cdot \text{м}, \quad (3.4)$$

где P - мощность гидротурбины, кВт;

Q - расход воды, м³/с, $Q=0,07$ м³/с;

η - КПД микро-ГЭС, $\eta=0,84$ [2];

H - напор воды, м, $H=4$ м.

$$D = \sqrt{\frac{2,61}{9,81 \cdot 0,07 \cdot 0,84 \cdot 4 \cdot \sqrt{4}}} = 0,65$$

Из стандартного ряда диаметров рабочего колеса, принимаем ближайший диаметр $D=0,525$ м.

Проверка прочности болтов, которыми синхронный генератор крепиться к раме

Известно, что вращающий момент на валу равен $T=500$ Н-м, количество болтов М18 для крепления $z=4$ (Ст 3), коэффициент запаса затяжки $K_{\text{зат}}=3$ (при постоянной затяжке), коэффициент внешней нагрузки $\chi=0,2$, $y_1=40$ мм, $y_2=310$ мм (см. рисунок 3.6).

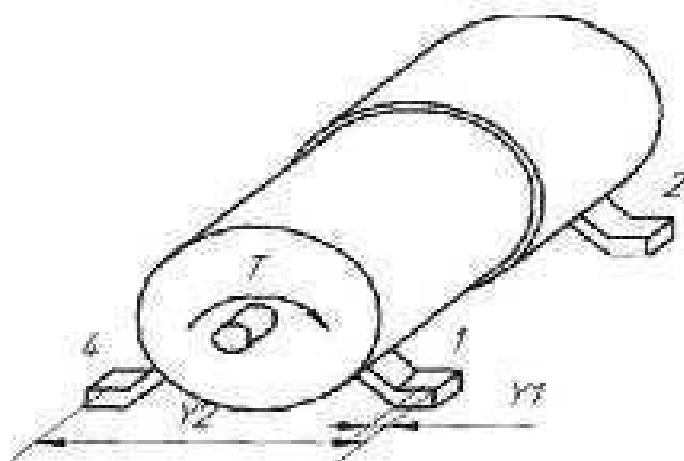


Рисунок 3.6 - Схема закрепления генератора к раме с помощью болтов

Определяем нагрузки на болты от момента на валу (так как на болты 3 и 4 наиболее нагружены расчет будет проводиться для них).

Вычисляем нагрузки на болты 3 и 4 от момента на валу по формуле:

$$F = \frac{T \cdot y_2}{2 \sum y_i^2}, \text{кН} \quad (3.5)$$

$$F = \frac{21 \cdot 310}{2(0,310^2 + 0,40^2)} = 12709 \text{ кН}$$

Расчетное усилие в этих болтах определяется по формуле:

$$F_p = 1,3 \cdot k_3 \cdot (1 - \chi) \cdot F + \chi \cdot F, \text{кН} \quad (3.6)$$

где k_3 - коэффициент запаса затяжки;

χ - коэффициент внешней нагрузки;

F - нагрузка на болты, кН.

$$F_p = 1,3 \cdot 3 \cdot (1 - 0,2) \cdot 123 + 0,2 \cdot 123 = 42193 \text{ кН}$$

Напряжение в наиболее нагруженных болтах определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{F_p}{\pi \cdot d_1^2 / 4} \leq [\sigma], \text{МПа} \quad (3.7)$$

где F_p - расчетное усилие в этих болтах, кН;

d_1 - расчетный внутренний диаметр для резьбы М1х3, мм, $d_1 = 15,294$ мм.

$$\sigma = \frac{42193}{3,14 \cdot 15,294^2 / 4} = 2,2 \text{ МПа.}$$

Допустимое напряжение в болте получим по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{S_T}, \text{МПа}$$

(3.8)

где σ_T - предел текучести материала болта, (для Ст.3 $\sigma_T = 200 \text{ МПа}$) [1];

S_T - коэффициент запаса прочности, $S_T = 4,5$ [1].

$$[\sigma] = \frac{200}{4,5} = 44 \text{ МПа}$$

Прочность болтов крепления обеспечена, так как для наиболее нагруженных болтов 3 и 4 напряжение $\sigma = 2,2 \text{ МПа} < [\sigma] = 44 \text{ МПа}$.

Столь большой запас прочности объясняется тем, что при

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	И. д. д. д.	Подпись	Д. д. д.		

конструировании в таких случаях диаметры болтов определяют по эмпирическим зависимостям.

3.3 Техника безопасности

Требования безопасности при работе с миниГЭС

При выполнении работ на миниГЭС в условиях хозяйства возникает опасность возможности электротравм, по этой причине следует уделить особое внимание технике электробезопасности.

Защитным заземлением называют преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением.

Заземляют все электроустановки, работающие при номинальном напряжении переменного тока более 50 В, постоянного и выпрямленного тока более 120 В (кроме светильников, подвешенных в помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током на высоте > 2 м при условии изоляции крючка для подвески светильника пластмассовой трубкой).

Область применения защитного заземления сети напряжением до 1000 В трехфазные трехпроводные с изолированной нейтралью, однофазные двухпроводные, изолированные от земли, а также двухпроводные постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока; сети переменного и постоянного тока с любым режимом нейтральной или средней точки обмоток источников тока напряжением свыше 1000 В.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя и проводника, соединяющего металлические части электроустановок с заземлителем. В качестве искусственных заземлителей применяют заглубляемые в землю стальные трубы, уголки, штыри или полосы, естественных уложенные в земле водопроводные или канализационные трубы, кабели с металлической оболочкой (кроме алюминиевой), обсадные трубы артезианских колодцев.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага в случае появления электрического потенциала вследствие замыкания тока на металлические

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
						16
Иск.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

корпуса электрооборудования, разряда молнии или других причин.

Так как сопротивление тела человека $R_{\text{ч}}$ значительно больше сопротивления заземляющего устройства $R_{\text{з}}$, то сила тока $I_{\text{ч}}$ протекающего через человека, оказывается намного меньшей, чем сила тока $I_{\text{з}}$ стекающего на землю через заземлитель. Однако в этом случае полностью опасность поражения током не исключают, что относят к первому недостатку защитного заземления. Вторым недостатком - значительное увеличение опасности поражения током при обрыве в цепи заземляющего устройства или ослаблении крепления заземляющего проводника. Третий недостаток проявляется в трехфазных сетях с изолированной нейтралью при хорошем состоянии изоляции двух фаз электроустановки и пробое изоляции третьей. В этом случае напряжение первых двух фаз относительно земли возрастает с фазного до линейного, что может вызвать повреждение изоляции в другой электроустановке со своим защитным заземлением. Возникает большой ток замыкания на землю, близкий по значению к току короткого замыкания двух фаз. Напряжение на корпусах обеих электроустановок зависит от линейного напряжения и приводит к появлению опасности поражения током даже при нормативных значениях сопротивления заземляющих устройств.

Защитным отключением называют быстродействующую защиту, обеспечивающую автоматическое отключение электроустановки напряжением до 1000 В при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Такая опасность может возникнуть при замыкании фазы на корпус.

Снижению сопротивления изоляции ниже определенного значения и в случае прикосновения человека к находящейся под напряжением токоведущей части. В таких ситуациях мерой защиты может быть лишь быстрое отключение соответствующего участка электросети в целях разрыва цепи тока через человека.

Время срабатывания современных устройств защитного отключения (УЗО) не превышает 0,03...0,04 с. При уменьшении времени протекания тока через человека снижается опасность поражения.

Так, в бытовых электроустановках переменного тока частотой 50 Гц напряжением до 1000 В практически безопасным можно считать действие напряжения прикосновения 100, 200 и 220 В соответственно в течение 0,2, 0,1 и 0,01...0,03 с.

Устройства защитного отключения применяют в сетях любого напряжения и любым режимом нейтрали, хотя наиболее они распространены в сетях до 1000 В. В сетях с заземленной нейтралью УЗО обеспечивают безопасность при замыкании фазы на корпус и при снижении сопротивления изоляции сети ниже некоторого значения, а в сетях с изолированной нейтралью еще и безопасность прикосновения человека к находящейся под напряжением токоведущей части электроустановки. Однако эти свойства так же зависят от типа устройства защитного отключения и параметров электроустановки.

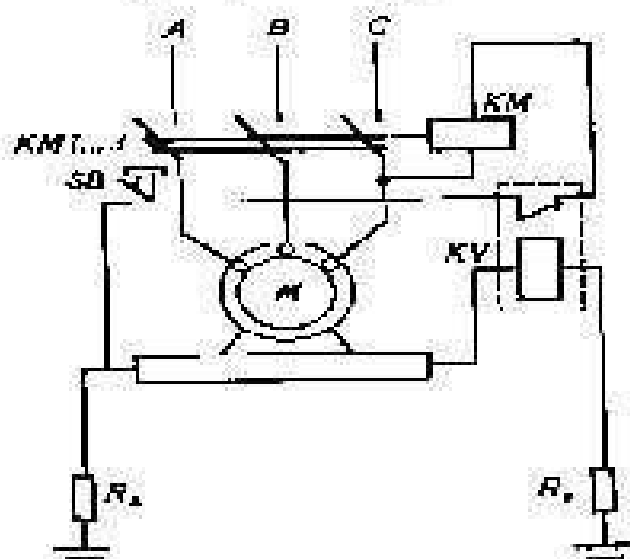


Рисунок 3.7 Схема УЗО, реагирующего на напряжение корпуса электроустановки относительно земли

Различают несколько типов УЗО в зависимости от входных величин, на которые они реагируют. К таким величинам относят: потенциал корпуса электроустановки, ток замыкания на землю, напряжение нулевой последовательности, ток нулевой последовательности, напряжение фазы относительно земли, оперативный ток.

На рисунке 3.7 приведена принципиальная схема УЗО, реагирующего на напряжение корпуса относительно земли. Преобразователем служит реле

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	И.д.д.д.д.	Подпись	Дата		18

максимального напряжения KV , включенное между защищаемым корпусом электроустановки и вспомогательным заземлителем R_0 . Электроды вспомогательного заземлителя размещают в зоне нулевого потенциала на расстоянии не ближе 15...20 м от заземлителей корпуса или нулевого провода.

При пробое фазы на корпус на нем появляется напряжение относительно земли. Если оно превысит 12...24 В, то срабатывает реле напряжения KV разрывает цепь катушки управления KM . Сердечник катушки освобождается и размыкает контакты $KM1...3$ магнитного пускателя. Кнопка SB служит для контроля исправности УЗО (при выключении его в работу, а также периодически не реже 1 раза в квартал).

Защитное отключение эффективно в любых электроустановках, но особенно в случаях, когда по каким-либо причинам трудно выполнить заземление или зануление или при высокой вероятности случайного прикосновения к токоведущим частям (во время эксплуатации передвижных электроустановок, а также стационарных, расположенных в районах с плохо проводящими грунтами и т. п.) максимального напряжения KV , включенное между защищаемым корпусом электроустановки и вспомогательным заземлителем R_0 . Электроды вспомогательного заземлителя размещают в зоне нулевого потенциала на расстоянии не ближе 15...20 м от заземлителей корпуса или нулевого провода. При пробое фазы на корпус на нем появляется напряжение относительно земли. Если оно превысит 12...24 В, то срабатывает реле напряжения KV разрывает цепь катушки управления KM . Сердечник катушки освобождается и размыкает контакты $KM1...3$ магнитного пускателя. Кнопка SB служит для контроля исправности УЗО (при выключении его в работу, а также периодически не реже 1 раза в квартал).

Защитное отключение эффективно в любых электроустановках, но особенно в случаях, когда по каким-либо причинам трудно выполнить заземление или зануление или при высокой вероятности случайного прикосновения к токоведущим частям (во время эксплуатации передвижных электроустановок, а также стационарных, расположенных в районах с плохо проводящими грунтами и

	Т. И.)				ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Расчет защиты заземленного микроГЭС

МикроГЭС должно быть заземлено. Надежность заземления нужно строго контролировать в течении всего периода эксплуатации. Перед запуском рабочий, обслуживающий микро-ГЭС должен проверить визуально заземление установки.

При отсутствии контакта между заземлением и установкой, работать категорически запрещено.

Для защиты от поражения электрическим током оборудование заземляют.

Сопротивление растекания тока (Ом) одиночного стержневого заземлителя [15]:

$$R_z = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4H+1}{4H-1} \right) \text{ Ом} \quad (3.9)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом-м, для суглинистой почвы $\rho=150$ Ом-м,

l - длина заземлителя, м, $l=2$ м,

d - диаметр заземлителя, м, $d=0,015$ м.

H - глубина заложения трубы, м, $H=1$ м.

$$R_z = 0,366 \cdot \frac{150}{2} \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,015} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 1 + 1}{4 \cdot 1 - 1} \right) = 67,9 \text{ Ом}$$

Необходимое число заземлений [12]:

$$n = \frac{R_z \cdot K_c}{R_N \cdot \eta_z} \text{ шт} \quad (3.10)$$

где K_c - коэффициент сезонности, $K_c=1,3$,

R_N - нормативное сопротивление заземление, Ом, (не более 4 Ом);

η_z - коэффициент использования заземлителей, $\eta_z=0,09 \dots 0,94$

$$n = \frac{67,9 \cdot 1,3}{4 \cdot 0,94} = 2,34 \approx 3 \text{ шт}$$

					ВКР.35.0306.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист 1
Изм.	Лист 1	№ доп.	Подпись	Дата		20

Принимаем число заземлителей $n=3$. Контроль заземления осуществляется осмотром и измерением сопротивления заземлителей. Внешний осмотр следует проводить не реже одного раза в 6 месяцев, а в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных - один раз в 3 месяца.

Вопросы экологической безопасности

МиниГЭС - это экологически безопасный, автономный источник энергии. Хотя любое внедрение человека в природу несет и отрицательные последствия, но специалисты утверждают, что грамотное размещение миниГЭС сводит негативные последствия до минимума и экологические проблемы не возникнут [16].

При размещении миниГЭС на местности необходимо выбирать расположение на расстоянии от объектов социальной инфраструктуры согласно нормативам по шумовому загрязнению и требованиям безопасности, учитывающим трассы миграции птиц.

3.4 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах,
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук,
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук,
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера,

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00/ПЗ	Лист
						21
Всг.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

3.5 Экономическое обоснование конструкции

Расчет стоимости конструктивной разработки

Устройство мини ГЭС устанавливается с целью обеспечения малого фермерского хозяйства электроэнергией.

Преимущества моей разработки (гидротурбины) в том, что оно увеличивает КПД мини ГЭС, облегчаются условия по техническому обслуживанию, увеличивается периодичность на замену гидроагрегата.

Устройство должно значительно снизить затраты, связанные с закупкой новых лопастей для гидротурбины.

Стоимость для разработки конструкции определяется по формуле:

$$C_{кр} = Z_m + Z_{зд} + Z_{дос} + Z_{пл} + Z_{эл} + N_э, \text{руб.} \quad (3.11)$$

где Z_m - затраты на покупку материалов, необходимых для изготовления конструкторской разработки, руб.;

$Z_{зд}$ - затраты на приобретение готовых деталей (изделий), руб.;

$Z_{дос}$ - затраты на доставку материалов и готовых деталей, руб.;

$Z_{пл}$ - заработная плата с отчислениями на социальные нужды работников,

заниматься изготовлением конструкторской разработкой, руб.;

$Z_{эл}$ - затраты на оплату электроэнергии, руб.;

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Н-д-м-ж	Подпись	Дата		22

H_p - накладные расходы, руб.

Общая стоимость необходимых материалов определяются умножением их веса на цену одного килограмма.

Расчеты стоимости необходимых материалов представлены в форме таблицы 3.2.

Таблица 3.2-Определение стоимости материалов

Наименование материалов	Вес, кг	Цена 1 кг, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Сталь листовая холоднокатаная $s=2$ мм, м ²	2	27	54
Кругляк нержавеющей AISI 304, d=50	4	168	672
Труба 530х12 мм, Сталь 30	250	27	6750
Уголок стальной 15х12	100	22,9	2290
Сталь листовая холоднокатаная $s=6$ мм, м ²	50	29	1450
Итого			11216

Цены материалов и готовых деталей берутся из прейскурантов с учетом НДС.

Стоимость готовых изделий и узлов, необходимых для изготовления конструкции, определяется умножением их потребного количества на цену одного изделия.

Расчеты стоимости готовых изделий и узлов представлены в форме таблицы 3.3.

Таблица 3.3-Определение стоимости готовых изделий

Наименование	Потребное количество	Цена единицы, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
1 Генератор ГАБ-40/230-М1	1	18000	18000
Муфта, шт	1	430	430
Подшипник № 32410, шт	4	150	600
Электроды, кг	2	140	280
Болты, кг	0,4	30,4	12,16
Гайки, кг	0,2	47,1	9,42
Кабель АПВ 10/70, м	200	25	5000
Шайбы, кг	0,1	35	3,5
Итого			244335,08

Затраты на доставку включают затраты на транспортировку и затраты на погрузочно-разгрузочные работы определяются по формуле:

$$З_{дос} = З_{тр} + З_{пр}, \quad (3.12)$$

где $З_{тр}$ - затраты на транспортировку, руб.;

$З_{пр}$ - затраты на погрузочно-разгрузочные работы, руб.;

Затраты на транспортные работы определяются по формуле:

$$З_{тр} = C_{\text{проб}} \cdot L_{\Gamma} \quad (3.13)$$

где $C_{\text{проб}}$ - средняя себестоимость 1 т-км пробега, руб. ($C_{\text{проб}} = 12$ руб/т-км);

L_{Γ} - пробег автомобиля с грузом, км.

$$З_{тр} = 57 \cdot 12 = 680 \text{ руб.}$$

Затраты на погрузочно-разгрузочные работы равны 10% от затрат на транспортировку определяются по формуле:

$$З_{пр} = 0,1 \cdot З_{тр}, \text{ руб.}, \quad (3.14)$$

$$З_{пр} = 0,1 \cdot 680 = 68 \text{ руб.},$$

$$З_{дос} = 680 + 68 = 748 \text{ руб.}$$

Зарботная плата определяется по каждому виду работ, выполняемых при изготовлении конструкторской разработки. Тарифная ставка принимается по данным хозяйства или, если она неизвестна, ее можно определить по формуле:

$$C_{\text{ч}} = \frac{З_{\text{мес}}}{T_{\text{мес}}}, \quad (3.15)$$

где $C_{\text{ч}}$ - часовая тарифная ставка, руб./ч;

$З_{\text{мес}}$ - размер месячной зарплаты, руб.;

$T_{\text{мес}}$ - среднемесячный часовой фонд рабочего времени, $T_{\text{мес}} = 166,6$ ч.

Для сварщика $З_{\text{ш}} = 6700$ руб., тарифный коэффициент 6-го разряда 1,407

$$C_{\text{ш}} = 6700 / 166,6 = 40,23 \text{ руб/ч}$$

$$C_{\text{с}} = 40,23 \cdot 1,407 = 56 \text{ руб/ч}$$

Расход электроэнергии, необходимый для оборудования находится из выражения

$$W_{\text{эл}} = P \cdot t, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (3.16)$$

где P - мощность привода применяемого оборудования, кВт;

t - время работы оборудования, ч.

$$W_{\text{эл}} = 18 \cdot 3 = 54 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Остальные расчеты заработной платы и расхода электроэнергии проводятся аналогично и сводятся в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 Расчет заработной платы и расхода электроэнергии

Наименование работ	Разряд	Время работы, ч	Тарифная ставка, руб./ч	Стоимость работы, руб.	Расход электроэнергии, кВтч
Токарные	4	3	46,59	139,77	54
Сварочные	6	20	56,45	1129	400
Слесарные	4	10	42,16	421,6	60
Итого				1690,37	514

Заработная плата с отчислениями на социальные нужды равна:

$$З_{\text{пл}} = Z_{\text{ч}} \cdot T_{\text{р}} \cdot n \cdot C_{\text{др.м.}} \cdot C_{\text{др.с.}} \cdot C_{\text{соц.}} \cdot C_{\text{отп.}} \quad (3.17)$$

где $Z_{\text{ч}}$ - часовая тарифная ставка, руб./ч,

$T_{\text{р}}$ - время работы, час;

n - количество работников;

$C_{\text{др.м.}}$ - доплата работникам за мастерство (10%);

$C_{\text{др.с.}}$ - доплата за стаж (10%);

$C_{\text{соц.}}$ - отчисления на единый социальный налог (26%);

$C_{\text{отп.}}$ - отчисления отпускные.

$$З_{\text{пл}} = 60,8 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,26 \cdot 1,085 = 1482 \text{ руб.},$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле

$$З_{\text{эл}} = W_{\text{эл}} \cdot Ц_{\text{эл}}, \quad (3.18)$$

где $W_{\text{эл}}$ - расход электроэнергии, кВтч,

$Ц_{\text{эл}}$ - Цена электроэнергии, руб/ кВт, $Ц_{\text{эл}} = 4,0 \text{ руб/ кВт}$

$$З_{\text{эл}} = 54 \cdot 4,0 = 216 \text{ руб.}$$

Накладные расходы определяются установленной нормативной долей от оплаты труда производственных работников по формуле

$$K_{\text{нр}} = З_{\text{пл}} \cdot \frac{K_{\text{нр}}}{100} \quad (3.19)$$

где $K_{\text{нр}}$ - отчисления на накладные расходы, %

В настоящее время $K_{\text{нр}} = 160\%$.

$$З_{\text{накл}} = 1482 \cdot \frac{160}{100} = 2371,2 \text{ руб.}$$

Подставляя полученные числовые значения в формулу (3.1), определим стоимость конструкторской разработки:

$$C_{\text{кр}} = 11216 + 54335,08 + 748 + 1482 + 216 + 2371,2 = 40368 \text{ руб.}$$

Определение показателей экономической эффективности

Предполагаемая годовая выработка электроэнергии гидроустановкой определяется по формуле:

$$P_{\text{год}} = P_{\text{сум}} \cdot N_{\text{д}} \cdot T, \text{ ВТ} \quad (3.20)$$

где $P_{\text{сум}}$ - суммарная вырабатываемая мощность,

$$P_{\text{ож}} = 2140 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

N_d - количество дней в году,

T - продолжительность суток, $T = 24$ ч.

$$P_{\text{год}} = 2140 \cdot 365 \cdot 24 = 20000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Затраты на энергоснабжение малого фермерского хозяйства рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{эл}} = P_{\text{год}} \cdot Ц_{\text{э}} \text{ руб.} \quad (3.21)$$

где $P_{\text{год}}$ - потребное количество мощности, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ - стоимость 1 кВт, руб., $Ц_{\text{э}} = 4,0$ руб.

$$З_{\text{эл}} = 20000 \cdot 4,0 = 80000 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления по использованному оборудованию определяются по формуле [13]

$$A = B_c \cdot H_a \text{ руб.}, \quad (3.22)$$

где B_c - балансовая стоимость оборудования, руб.;

H_a - норматив отчисления на амортизацию.

По предлагаемой технологии ($B_c = 40368$ руб.)

$$A_{\text{а}} = 40368 \cdot 0,11 = 4440,5 \text{ руб.}$$

Рассчитываем отчисления на капитальный ремонт согласно формуле (3.22), вместо норм амортизационных отчислений берутся отчисления на ремонт оборудования (14...16%) по предлагаемой технологии:

$$P_{\text{п}} = 40368 \cdot 0,16 = 6458,9 \text{ руб.}$$

Прямые эксплуатационные затраты на единицу продукции определяется по формуле:

$$Э_{\text{эксп}} = \frac{Э_0}{\text{ед.}}, \quad (3.23)$$

где $Э_0$ - прямые эксплуатационные затраты.

$$Э_0 = +З_{\text{эл}} + A + P, \quad (3.24)$$

$$Э_0 = 80000 + 4440,5 + 6458,9 = 90900 \text{ руб.}$$

$$Э_{\text{эксп}}^{\text{п}} = \frac{90900}{20000} = 4,55 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

Годовой экономический эффект от внедрения проектируемой разработки

					ВКР.35.03.06.168.18.МГЭС.00.00.ПЗ	Лист 1
Имя	Лист 1	№ докум.	Подпись	Дата		27

находится из выражения

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{п}} - \mathcal{E}_{\text{нпг}} \quad (3.25)$$

Затраты на проектируемую электроэнергию определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{нпг}} = P_{\text{год}} \cdot \mathcal{E}_{\text{г.эл.}}^{\text{г.}} \quad (3.26)$$

$$\mathcal{E}_{\text{нпг}} = 20000 \cdot 2,56 = 51200 \text{руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 80000 - 51200 = 28800 \text{руб.}$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{нпг}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{51267,4}{28800} = 1,78 \text{год}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{\mathcal{E}_{\text{нпг}}}$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{28800}{51267,4} = 0,56$$

Показатели экономической эффективности разработаны вводим в таблицу 3.5

Таблица 3.5 - Показатели экономической эффективности

Показатели	Единиц. изм.	Существующ.	Проектир.
1. Годовой объем работ	кВт·ч	20000	20000
2. Стоимость электроэнергии	руб./кВт·ч	4,0	2,56
3. Капиталовложения	руб	-	40368
4. Прямые эксплуатационные затраты	руб	80000	51267,4
5. Годовой экономический эффект	руб	-	28800
6. Срок окупаемости	год	-	1,8

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений 0,56

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте были проведены следующие работы:

1. Разработана гидроэнергетическая установка мощностью 4 кВт, предназначенная для энергообеспечения фермерского хозяйства.
2. Построен график суточного потребления электроэнергии и проведен его анализ, который показал максимальную мощность, потребляемую фермерским хозяйством.
3. Произведен расчет и выбор оборудования.
4. Сделаны конструктивные и прочностные расчеты конструкторской работы гидроэнергетической установки миниГЭС и произведен патентный поиск по разработкам, направленным на улучшение использования ИЭ.
5. В дипломном проекте предусмотрены требования по охране труда, мерам безопасности и экологии, а также проведена оценка экономической эффективности разработки. В результате годовой экономический эффект составит 28300 руб., а срок окупаемости 1,8 года.

На основании выполненной работы, мы можем рекомендовать данную работку к внедрению в хозяйство, и считаем, что ее внедрение позволит бы повысить прибыль, получаемую хозяйством от реализации продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. 212787 RU F03B3/12. Рабочее колесо пропеллерной гидротурбины. Надеждин Г.В., Кукушкин Е.А., Астафьев А.В., заяв. 24.12.1996, опубл. 20.03.1999.
2. А.С. 2132965 RU F03B/04. Гидротурбина Марченко. Марченко В.И., заяв. 03.12.1997, опубл. 10.07.1999.
3. А.С. 2277182 RU F03B7/00. Гидротурбина. Устюжин А.В., заяв. 04.11.2003, опубл. 10.05.2005.
4. Бляшко Я.И. Опыт МНТО ИНСЭТ по созданию и эксплуатации оборудования для микро и малых ГЭС // Малая энергетика, 2004 №1. - с. 18-24.
5. Булгариев Г.Г. Методические указания по анализу хозяйственной деятельности предприятий в дипломных проектах (для студентов ИМ и ТС) /Г.Г. Булгариев, Абдрахманов Р.К., Калимуллин М.Н., Булатова Н.В.// Казанский государственный аграрный университет – Казань, 2011 – 35 с.
6. Булгариев Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных работ /квалификационных работ/ Булгариев Г.Г., Абдрахманов Р.К., Валиев А.Р.// Казанский государственный аграрный университет – Казань, 2009.
7. Вашкевич К.П. Опыт и перспективы развития ветроэнергетики в России /Вашкевич К.П., Маслов Л.А. Николаев В.Г.// Малая энергетика, [Текст]- 2005 №2. - с.56-58.
8. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин /Дунаев П.Ф., Леликов О.П.// Учебн. пособие для техн. спец. вузов. - 7-е изд., испр. [Текст]- М.: Высшая школа, 2001. -447с.: ил.
9. Историк Б.Л. Малая нетрадиционная морская, речная и гетермальная энергетика /Историк Б.Л., Усачев И.Н.// Малая энергетика - 2004 №1. - с.8-16.
10. Канторович Б.В. Гидравлика, водоснабжение и гидросливные установки /Канторович Б.В., Кузнецов Н.К. //- М.: Сельхозгиздат, 1961. - 551с.: ил.
11. Курмаз Л.В. Детали машин. Проектирование. /Курмаз Л.В., Скуйбеда

А.Т. //Минск: УП Технопринт, 2002. - 296с: ил.

12. Малых Л.К. Проблемы и перспективы создания малых ГЭС на малых реках // Малая энергетика, - 2004 №1. - с.34-41.

13. Губина Ф. Ф. Гидроэнергетические станции /Ф. Ф. Губина и Г. И Кривченко // - М: Энергия, 1980

14. Малинин Н.К. Теоретические основы гидроэнергетики [Текст] - М, 1985, 312с.

15. Денисов И. П. Основы использования водной энергии /Денисов И. П.- 2-е изд, перераб. - М Энергия, 1974 - 272с

16. Щеклеин С. Е. Мини - и микрогидроэлектростанции Учеб. пособие / С. Е. Щеклеин//Урал гос. техн. ун-т. - Екатеринбург: УГТУ, 2000. - 90 с.

СПЕЦИФИКАЦИИ

ПРИЛОЖЕНИЯ