

	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»	Приложения ОПОП ВО
		Методические указания к лабораторным работам

Кафедра электроснабжения
и применения электрической
энергии в сельском хозяйстве

Б1.О.21 НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Методические указания
к лабораторным работам

Направление подготовки
2.13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки
Электроснабжение

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Уфа 2018

УДК 620.92
ББК 31.15

Рекомендовано к изданию методической комиссией энергетического факультета (протокол № 3 от «25» октября 2018 г.)

Составители: канд. техн. наук Ахметшин А.Т.

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой электроснабжения и применения электрической энергии в с.х.,
д-р. техн. наук Галиуллин Р.Р.

г. Уфа, БГАУ, кафедра электроснабжения и применения электрической энергии в с.х.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Лабораторная работа №1. Исследование работы солнечного параболоидного концентратора.	4
2. Лабораторная работа № 2. Исследование характеристик фотоэлектрических преобразователей	7
3. Лабораторная работа № 3. Изучение промышленной микроГЭС мощностью 10 кВт	11
4. Лабораторная работа № 4. Изучение гидроэлектростанции с ковшовой турбиной	15
5. Лабораторная работа № 5. Исследование ветроэлектростанции с горизонтальной осью колеса	20
Библиографический список	23

Лабораторная работа №1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО ПАРАБОЛОИДНОГО КОНЦЕНТРАТОРА

Цель работы: изучение работы солнечных параболических концентраторов, их особенностей и проведение опытов над ними, освоение безопасной работы с солнечными концентраторами.

1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

На сегодняшний день имеются довольно широкие возможности применения солнечных установок для индивидуальных потребителей, особенно в сельской местности. Расширение масштабов применения солнечных установок не только даст значительную экономию энергоресурсов, но и позволит смягчить экологическую ситуацию. Солнечную энергию экономически целесообразно использовать для горячего водоснабжения сезонных потребителей типа спортивно-оздоровительных учреждений, баз отдыха, пионерлагерей, дачных поселков, а также для обогрева открытых и закрытых плавательных бассейнов, спортивных сооружений, душевых. Конкурентоспособны по сравнению с традиционными установками гелиосушки для сена, лесоматериалов и сельскохозяйственных продуктов. В сухом жарком климате Средней Азии рационально использовать установки для охлаждения зданий и сооружений, сельскохозяйственных объектов, птичников, хранения скоропортящихся продуктов, медицинских препаратов и т. п.

С детства многие помнят, что с помощью собирающей линзы от солнечного света можно зажечь бумагу. В промышленных установках линзы не используются: они тяжелы, дороги и трудны в изготовлении. Высокопотенциальные системы концентрации должны иметь конфигурацию, близкую к форме поверхностей вращения второго порядка - парабоида, эллипсоида, гипербоида или полусферы. Только в этом случае может быть достигнута плотность излучения, в сотни и тысячи раз превышающая солнечную постоянную.

Основным энергетическим показателем концентратора солнечного излучения является коэффициент концентрации, который определяется как отношение средней плотности сконцентрированного излучения к плотности лучевого потока, падающего на отражающую поверхность при условии точной ориентации на Солнце.

Солнечные установки практически не требуют эксплуатационных расходов, не нуждаются в ремонте и требуют затрат лишь на их сооружение и поддержание в чистоте. Работать они могут бесконечно.

1.2 ПРОГРАММА РАБОТЫ

1.2.1 Изучить принцип получения тепловой энергии с помощью солнечных параболических концентраторов.

1.2.2 Изучить параметры и принцип работы лабораторной установки.

1.2.3 Настроить установку на рабочий режим, изучить условия проведения лабораторных исследований.

1.2.4 Исследовать зависимость изменения температуры нагреваемой жидкости от времени нагрева.

1.2.5 Построить зависимость температуры нагреваемой жидкости от времени нагрева до установившегося режима.

1.2.6 Рассчитать степень концентрации и среднюю мощность установки.

1.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.1

1.3.1 Подготовка установки к работе и проведение испытаний в лабораторных условиях.

Измерить диаметр параболического отражателя. Установить светопрозрачную пластину. Поворотом концентратора на столе и опорной стойке расположить его по оси источника света. Установить минимальное фокальное пятно на светопрозрачной пластине. Измерить диаметр фокального пятна.

Рассчитать степень концентрации по формуле

$$n = \left(\frac{D}{d} \right)^2 \cdot R$$

где D – диаметр параболического отражателя, м;

d - диаметр фокального пятна, м;

R – коэффициент отражения можно принять 0,8.

1.3.2 Проведение испытаний в солнечную погоду в условиях улицы.

Концентратор ориентируют по солнечному излучению. Налить в ёмкость 50...150 мл воды, измерить температуру, установить в гнездо, записать время установки и начала нагрева. С помощью термометра проводить измерения температуры воды с определённой периодичностью во времени.

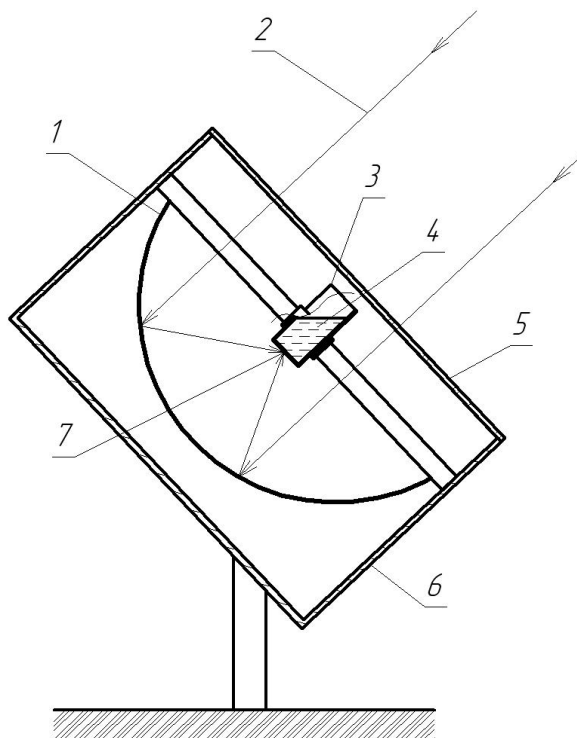


Рисунок 1.1 Схема лабораторной установки: 1 - параболический отражатель; 2 - поток излучения; 3 - ёмкость; 4 - нагреваемая жидкость; 5 - стекло; 6 - корпус; 7 - фокальное пятно.

Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 Результаты измерений и вычислений

	Степень концентрации	Температура в фокальном пятне, °С	Объем воды, мл.	Нач. темп. воды, °С	Кон. Темп. воды, °С	Время затр. на нагрев, мин.	Кол. тепл. энергии, Дж	Средняя мощность установки, Вт
Опыт								
Расчет								

Количество энергии рассчитать по формуле [Дж]

$$Q = m \cdot c \cdot (t_z - t_x)$$

Определить среднюю мощность установки [Вт]

$$P = \frac{Q}{\tau}$$

1.3.3 Техника безопасности работы с концентратором.

Фокусировку фокального пятна производить только в лабораторных условиях, запрещается выполнять эту работу на солнечном излучении, что может вызвать ожог руки.

1.4 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1.4.1 Во сколько раз изменится степень концентрации лабораторного параболического концентратора при уменьшении диаметра фокального пятна в 2 раза?

1.4.2 Какими способами и устройствами возможно получение электрической энергии с использованием параболического концентратора?

Лабораторная работа №2 ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучение принципов получения электрической энергии с помощью фотоэлектрических преобразователей.

2.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Энергия солнечной радиации может быть преобразована в постоянный электрический ток посредством солнечных батарей – устройств, состоящих из тонких плёнок кремния или других полупроводниковых материалов. Преимущество фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) обусловлено отсутствием подвижных частей, и высокой надёжностью и стабильностью. При этом срок их службы практически не ограничен. Они имеют малую массу, отличаются простотой обслуживания, эффективным использованием как прямой, так и рассеянной солнечной радиации. Модульный тип конструкции позволяет создавать установки практически любой мощности и делает

их весьма перспективными. Недостатком ФЭП является высокая стоимость и низкий КПД (в настоящее время практически 10—12 %).

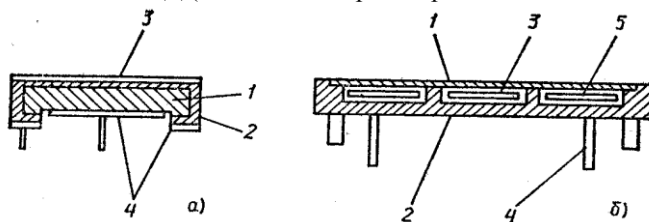


Рисунок 2.1 Солнечный элемент (а) и модуль (б) солнечной батареи:
 а: 1 — кремний n-типа; 2 — кремний р-типа; 3 — пленка из диоксида кремния; 4 — электрод; б: 1 — пластинка из акриловой смолы; 2 — корпус; 3 — солнечный элемент; 4 — электрод; 5 — воздушный зазор.

Фотоэлектрический эффект возникает в солнечном элементе при его освещении светом в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. В солнечном элементе из полупроводникового кремния толщиной 50 мкм поглощаются фотоны, и их энергия преобразуется в электрическую посредством $p - n$ соединения (рисунок 3.1).

2.2 ПРОГРАММА РАБОТЫ

2.2.1 Изучить принцип получения электрической энергии с помощью фотоэлектрических преобразователей.

2.2.2 Изучить параметры и принцип работы лабораторной установки.

2.2.3 Проверить работу автоматики азимутального и зенитального слежения за Солнцем.

2.2.4 Составить таблицу зависимости напряжения и тока к.з. от освещенности, таблицу отразить в графике зависимости.

2.2.5 Построить вольт-амперную характеристику фотобатареи.

2.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Лабораторная электростанция (рисунок 2.2) состоит из основания 1, на котором на опорном подшипнике 2 установлен вертикальный вал 3 с ведущим зубчатым колесом 4, контактирующим с винтовым валом 5 реверсивного электропривода 6 (М2) постоянного тока. Выше вал 3 снабжён муфтой 7 с опорной крестовиной 8, а над муфтой 7 на этом валу 3 закреплена горизонтальная площадка 9. На верхнем конце вала 3 установлена рабочая плоскость с двумя

солнечными фотобатареями 10 и 11 (ФЭ) электростанции с углом установки $0,5$ максимального зенитального положения солнца.

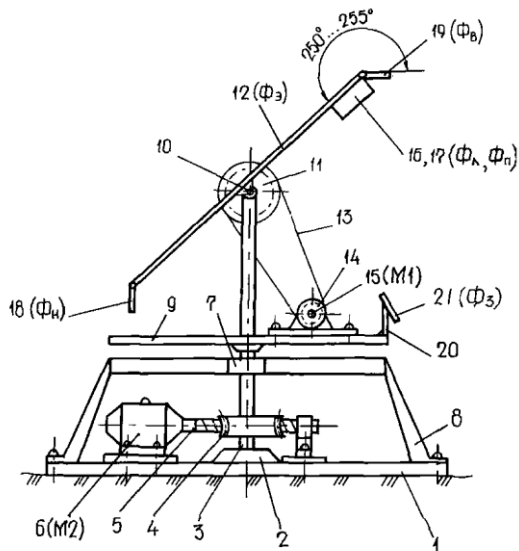


Рисунок 2.2 Лабораторная установка солнечной электростанции с фотоэлектрическими преобразователями.

На площадке 9, обратно слежению за солнцем, на кронштейне 12 установлен дополнительный задний фотоэлемент 13 (ФЭ), установленный к плоскости горизонта под углом половины максимального зенитального угла солнца. Этот угол объясняется тем, чтобы обеспечить эффективный приём фотоэлементом 13 (ФЭ) солнечных лучей при любом зенитальном положении солнца с обратной стороны электростанции.

На рисунке 2.3 представлена электрическая схема лабораторной солнечной электростанции

Проверить работу автоматики азимутального и зенитального слежения за Солнцем в лабораторных условиях с помощью перемещения источника света вблизи установки.

В лабораторных условиях с помощью различных источников света произвести измерения параметров фотобатарей. Данные свести в таблицу 2.1. Построить зависимости напряжения и тока короткого замыкания от освещённости для параллельного и последовательного соединений модулей солнечной батареи.

При постоянной освещённости произвести исследования вольт-амперной характеристики фотобатареи, изменяя сопротивление нагрузки.

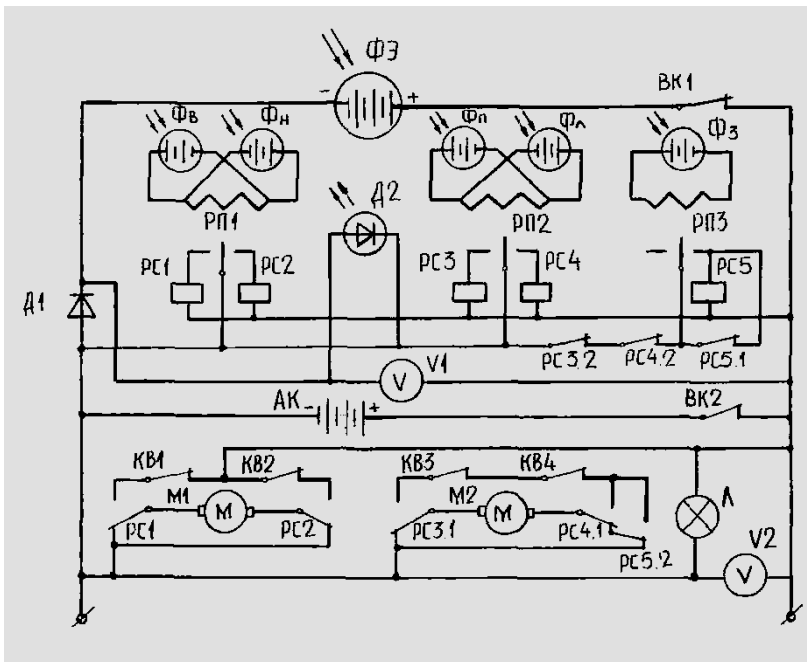


Рисунок 2.3 Электрическая схема солнечной электростанции

Таблица 2.1 Результаты исследования зависимости характеристик фотобатареи от освещённости.

№ пп	Освещенность, лк.	Напряжение, В		Ток к.з., А	
		парал.	посл.	парал.	посл.
1					
2					
3					
4					
5					

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 10 кВт

Цель работы: изучение конструкции и принципа работы промышленной гидроэлектростанции мощностью 10 кВт на примере микроГЭС 10Пр.

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

МикроГЭС предназначена для преобразования водной энергии малых рек и ручьев в электрическую энергию для нужд потребителя.

МикроГЭС является экологически чистым источником электроэнергии, не требующим при эксплуатации постоянного присутствия обслуживающего персонала. МикроГЭС предназначена для работы на автономного - изолированного от энергетической системы потребителя.

На рисунке 3.1 представлена промышленная микроГЭС производства Санкт-Петербургской фирмы «ИНСЭТ»

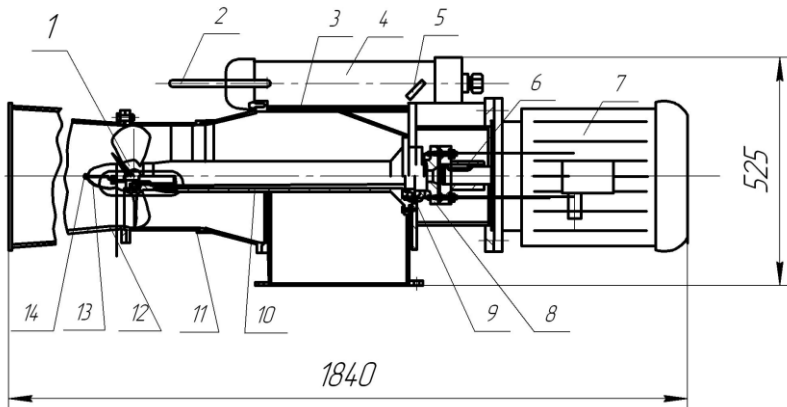


Рисунок 3.1 Общий вид энергоблока микроГЭС 10 кВт:
1 - колесо рабочее; 2, 5 - резиновые рукава; 3 - аванкамера; 4 - блок балластной нагрузки; 6 - муфта; 7 - асинхронный двигатель; 8 - вал гидротурбиновый; 9 - подшипник радиально-упорный 366212; 10 - кожух вала с колоннами статора; 11 - камера рабочего колеса; 12 - труба отсасывающая; 13 - обтекатель; 14 - гайка М8.

Таблица 3.1 Основные технические характеристики микроГЭС 10Пр

Напор (нетто), м	4,5-10	
Расход воды, м ³ /сек	0,1 -0,21	
Вырабатываемая мощность, кВт	2,2-10	
Частота вращения, об/мин	1500	
Напряжение, В	230 ⁺¹⁵ ₋₃₀	400 ⁺²⁵ ₋₅₀
Частота тока, Гц	50 ±2	
Число фаз, шт	3	
Разность между фазными токами нагрузки, А	не более 10	
Соединение фаз	Δ	Y
Диаметр рабочего колеса, мм	235	

Микро ГЭС включает следующие основные части (рисунок 3.2):

- энергоблок предназначен для выработки электроэнергии. Энергоблок состоит из гидравлической турбины и асинхронного двигателя, используемого в качестве генератора, соединенных муфтой и размещенных на опорной раме;

- блок балластной нагрузки предназначен для поглощения избыточной активной мощности МикроГЭС и устанавливается на раме энергоблока. ББН представляет собой цилиндрический корпус, внутри которого расположены трубчатые электрические нагреватели. В комплект ББН входят два шланга, предназначенные для подвода и отвода охлаждающей воды;

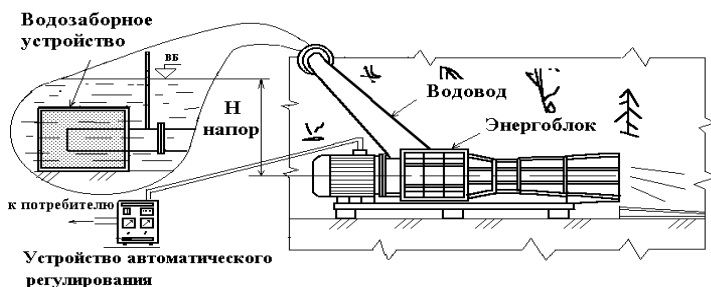


Рисунок 3.2 Составные части микроГЭС 10Пр

- устройство автоматического регулирования предназначено для управления энергоблоком. Оно обеспечивает возбуждение асинхронного генератора и автоматическое регулирование величины вырабатываемого напряжения и частоты. УАР обеспечивает защиту генератора от перегрузки, перенапряжения и короткого замыкания;

- щит контрольно-распределительный предназначен для подключения нагрузки потребителя и контроля режима работы МикроГЭС;

- устройство водозаборное предназначено для предотвращения попадания в энергоблок плавающего мусора. Устройство водозаборное выполнено в виде сетчатого короба, внутри которого расположен водозаборный патрубок с заслонкой, используемой при осушении водовода. Вертикальная трубка предназначена для предотвращения образования вакуума за заслонкой при ее закрытии.

Для работы МикроГЭС обязательным условием является наличие напора (разницы уровней) воды (см.рисунок 2).

Напор может быть получен за счет разницы отметок уровней воды между: двумя реками; озером и рекой; на одной реке, за счет спрямления излучины. Получение напора возможно также при сооружении плотины.

На рисунке 3.3 показана установка МикроГЭС по плотинно-деривационной схеме. Для создания напора вдоль реки, имеющей большой уклон и пороги, прокладывается деривационный трубопровод. Для увеличения напора отсыпана небольшая каменно-набросная плотина.

Трубопровод, диаметром 300...500 мм, должен обеспечивать подвод воды к энергоблоку с минимальными потерями напора. Длина трубопровода определяется местными условиями.

Перед энергоблоком на трубопроводе должен быть установлен затвор (или задвижка), необходимый для пуска и останова МикроГЭС.

3.2 ПРОГРАММА РАБОТЫ

3.2.1 Изучить принцип получения электрической энергии с помощью микрогидроэлектростанции.

3.2.2 Изучить параметры и принцип работы имеющейся в лаборатории действующей микроГЭС.

3.2.3 Изучить способы установки микроГЭС.

3.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Изучить конструкцию микроГЭС10Пр. Найти все составные части гидроэлектростанции. Вычертить конструкторский эскиз микрогидроэлектростанции в продольном сечении в горизонтальной плоскости. Должны быть указаны сечения в штриховке и соединения корпуса, гидротурбина, направляющий аппарат, вал, их размеры (диаметры, длина и место расположения). Изучить и вычертить схему плотинно-деривационной установки микроГЭС. Описать работу схемы.

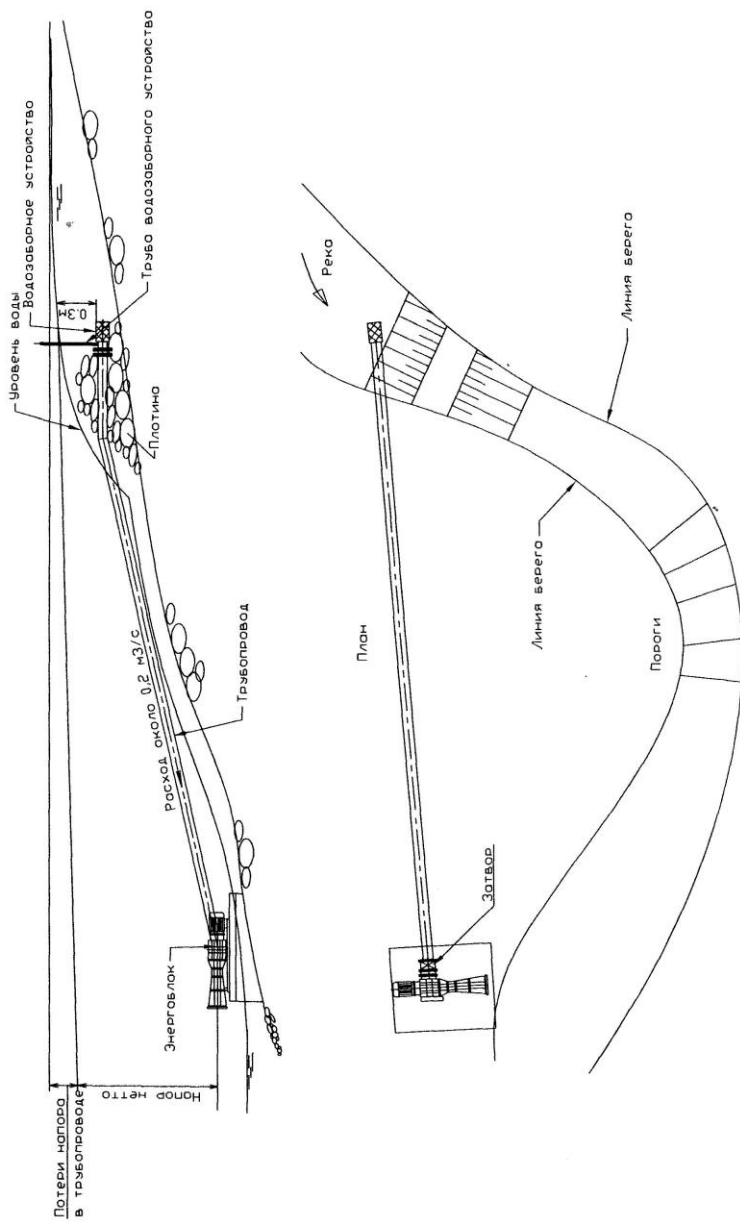


Рисунок 3.3 Схема установки энергоблока микроГЭС по плотинно-деривационной схеме.

Лабораторная работа № 4 ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С КОВШОВОЙ ТУРБИНОЙ

Цель работы: изучение конструкции и принципа работы активной гидроэлектростанции с гидротурбиной Пельтона. Исследование скоростных и энергетических показателей гидротурбины в зависимости от параметров сопл и напорно-расходной характеристики.

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Ковшовые турбины относятся к классу активных турбин и по устройству и условиям работы отличаются от всех реактивных турбин. За границей ее называют турбиной Пельтона, иногда свободнотрующей.

Можно отметить следующие характерные особенности активных турбин, отличающие их от реактивных:

1. В активной турбине отсутствуют кавитационные явления, разрушающие рабочее колесо турбины.
2. Частота вращения рабочего колеса в активной турбине, за счет явления инерции, не меняет свою скорость при мгновенном изменении расхода и напора.
3. Активные гидротурбины выгодно применять при больших напорах и расходах, поскольку эти параметры задают размеры самой турбины.

Принцип работы турбины Пельтона.

Основными элементами являются сопло 1 (рисунок 5.1), к которому вода подводится по трубопроводу 2, и рабочее колесо 3, насаженное на вал 4. Сопло и рабочее колесо установлены выше уровня воды, так что рабочее колесо вращается в воздухе.

Из сопла выбрасывается струя воды со скоростью v_c под действием напора H .

Рабочее колесо 3 состоит из диска с рабочими лопастями 5, похожими на ковши по форме (отсюда название «ковшовая»). Каждая лопасть состоит из двух криволинейных поверхностей, разделенных ножом 6 (сечение А-А и вид Б-Б). Рабочее колесо устанавливается таким образом, что ножи совпадают с осью струи. Чтобы устранить при вращении удар тыльной стороны лопасти о струю, в лопасти предусматривается специальная прорезь 7.

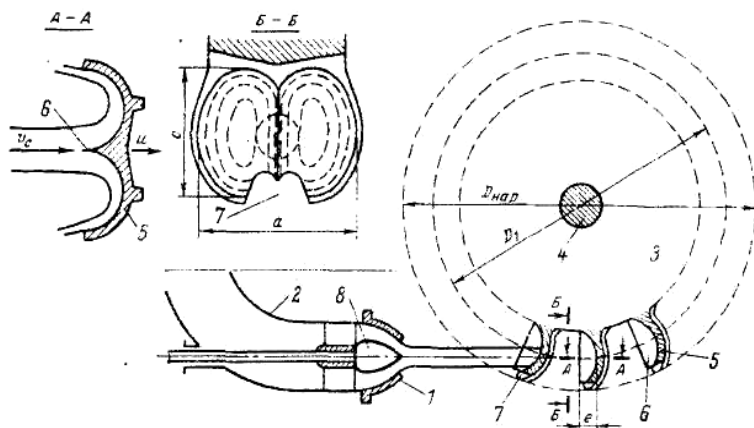


Рисунок 4.1 Схема ковшовой турбины: 1 – сопло; 2 – трубопровод; 3 – рабочее колесо; 4 – вал; 5- лопасть турбины; 6 – нож; 7- прорезь; 8 – игла.

При натекании на лопасть струя делится ножом на две равные части и каждая обтекает криволинейную поверхность и за счет изменения, как скорости воды, так и ее направления создается давление на лопасть и образуется момент рабочего колеса, вращающий его вместе с валом.

Мощность, развиваемую ковшовой турбиной, регулируют за счет изменения расхода. Для этого служит игла 8.

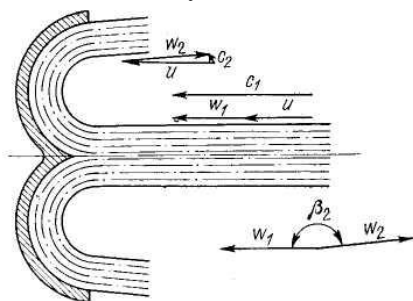


Рисунок 4.2 Схема обтекания внутренней поверхности лопасти ковшовой турбины.

Из выходного треугольника скоростей следует, что относительная скорость на входе w_1 совпадает по направлению с абсолютной скоростью c_1 и переносной скоростью u . Поэтому,

$$w_1 = c_1 - u. \quad (4.1)$$

При обтекании лопасти жидкость меняет направление своего движения, и вектор относительной скорости на выходе w_2 образует с вектором относительной скорости на входе w_1 или с совпадающим по направлению вектором переносной скорости u угол β_2 .

Лопасть рабочего колеса современной ковшовой турбины состоит из двух симметричных половин, отлитых за одно целое, каждая из которых имеет форму, напоминающую собой ковш. В периферийной части лопасти делается вырез (рис.5.3).

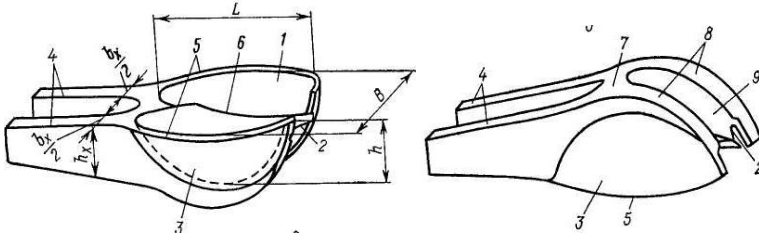


Рисунок. 4.3. Лопасть ковшовой турбины (B —ширина; L —длина; h —глубина): 1 — внутренняя поверхность; 2 - входная кромка; 3 — боковая поверхность; 4 - хвостовик; 5 - выходная кромка; 6 — нож; 7 — поперечное ребро; 8 - продольные ребра; 9 - тыльная поверхность.

При работе ковшовой турбины рабочее колесо вместе с лопастями вращается вокруг оси турбины с угловой скоростью. Выходящая из сопла и набегающая на лопасть свободная струя движется прямолинейно-поступательно.

4.2 ПРОГРАММА РАБОТЫ

4.2.1 Изучить конструкцию лабораторного стенда.

4.2.2 Ознакомиться с основными элементами установки и их функциями.

4.2.3 Замерить параметры плавно сужающихся насадок (сопел) и диаметр рабочего колеса.

4.2.4 Для каждого сопла замерить частоту вращения рабочего колеса.

4.2.5 Измерить расход для каждого сопла.

4.2.6 Построить зависимости расхода от диаметр сопла.

4.2.7 Построить зависимости частоты вращения рабочего колеса от расхода.

4.2.8 Определить скорость струи на выходе из сопла.

4.2.9 Вычислить коэффициент полезного действия и мощность турбины.

4.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Изучить конструкцию лабораторного стенда и составить эскиз с описанием исследуемых элементов. Замерить диаметры плавно сужающихся насадок (сопел) d_1, d_2, d_3 .

Используя ёмкость для воды и секундомер, определите расходы, соответствующие каждому соплу с разными диаметрами. Расход в $\text{м}^3/\text{с}$ определяется по выражению

$$Q = \frac{V}{t} \quad (4.2)$$

где t – время наполнения, с;

V – объём наполняемой ёмкости, м^3 .

Все данные свести в таблицу 5.1

Таблица 4.1 Результаты измерений и вычислений

Диаметр сопла d_c , м	Диаметр колеса D_1 , м	Расход Q , $\text{м}^3/\text{с}$	Напор H , м

Напор вычисляем из выражения:

$$Q = S \cdot \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (4.3)$$

где S – площадь отверстия сопла, м^2 ;

φ – скоростной коэффициент, равный $\varphi = 0,95 \dots 0,97$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

H – напор, м;

Q – расход, $\text{м}^3/\text{с}$.

По данным таблицы 5.1 построить графики зависимостей $H=f(d_c)$, $Q=f(d_c)$, $H=f(Q)$.

Тахометром измерить частоту вращения ротора электрогенератора для всех диаметров сопел. Результаты измерений свести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 Результаты измерений и вычислений

Диаметр сопла d_c , м	$n_{\text{эг}}$, об/мин	$n_{\text{т}}$, об/мин	$d_{\text{шэГ}}$, м	$d_{\text{шт}}$, м	$N_{\text{т}}$, кВт	$\eta_{\text{т}}$

Частоту вращения рабочего колеса турбины определяют из выражения

$$\frac{n_{\text{ЭГ}}}{n_{\text{Т}}} = \frac{d_{\text{ШТ}}}{d_{\text{ШЭГ}}}, \quad (4.4)$$

где $n_{\text{ЭГ}}$ - частота вращения электрогенератора;

$n_{\text{Т}}$ - частота вращения рабочего колеса турбины;

$d_{\text{ШТ}}$ - диаметр шкива турбины;

$d_{\text{ШЭГ}}$ - диаметр шкива электрогенератора.

КПД турбины вычислить из выражения:

$$\eta = u (c_1 - u) (1 - \xi \cos \beta_2) / (g H), \quad (4.5)$$

где u – переносная скорость, м/с;

c_1 – абсолютная скорость струи, м/с;

ξ – коэффициент, характеризующий гидравлические потери при обтекании лопасти рабочего колеса, равный $\xi = 0,6 \dots 0,8$;

β_2 - угол поворота вектора относительной скорости струи при обтекании лопасти рабочего колеса;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

H - напор, м.

$$c_1 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_c^2}, \quad (4.6)$$

$$u = \frac{\pi \cdot n_{\text{Т}} \cdot r_{\text{Т}}}{30}, \quad (4.7)$$

Мощность гидротурбины вычисляется по формуле:

$$N_{\text{Т}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{\text{Т}}. \quad (4.8)$$

По данным таблицы 2 построить зависимости $n_{\text{эд}} = f(d_c)$, $n_{\text{эд}} = f(Q)$, $\eta_{\text{Т}} = f(d_c, Q, H)$, $N_{\text{Т}} = f(d_c, Q, H)$.

4.4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.4.1 Из каких основных элементов состоит гидротурбина Пельтона?

4.4.2 Для чего служит турбина ковшового типа?

4.4.3 Какую энергию потока воды использует активная турбина Пельтона?

4.4.4 Достоинства и недостатки турбины Пельтона?

4.4.5 В чём принципиальные отличия активных турбин от реактивных?

4.4.6 Какое предназначение имеет сопло?

4.4.7 От чего зависит коэффициент полезного действия?

Лабораторная работа № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСЬЮ КОЛЕСА

Цель работы: изучение конструкции и принципа работы ветроэлектростанции с горизонтальной осью. Исследование скоростных и энергетических показателей ветроколеса в зависимости от скорости ветра, параметров и количества лопастей.

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Воздушный поток, как и всякое движущееся тело, обладает кинетической энергией. Одним из видов использования кинетической энергии является превращение ее в механическую работу.

Отличительным свойством ветра является его повсеместность. Однако техническое использование энергии ветра во многих случаях крайне затруднено из-за низкой плотности воздуха (она в 800 раз меньше плотности воды). Для получения значительной мощности необходимо ветроколесо очень больших размеров, т.к. ветроагрегат может преобразовать только часть потенциальной энергии, определяемой коэффициентом использования энергии ветра. При этом частота вращения ветроколеса должна регулироваться из-за непостоянства скорости ветра во времени и вырабатываемая мощность, изменяясь пропорционально третьей степени скорости ветра, будет иметь большую амплитуду колебаний.

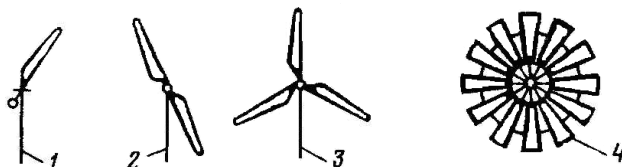


Рисунок 5.1 Виды ветроколес с горизонтальной осью:

- 1 - однолопастное колесо; 2 - двухлопастное; 3 - трехлопастное;
4 - многолопастное;

Ветроагрегат с горизонтальной осью состоит из ветроколеса, головки, хвоста, башни и регулировочного механизма. Принципиальная схема ветроагрегата приведена на рисунке 6.2.

Ветроколесо преобразует энергию ветра в механическую работу и может иметь одну или несколько лопастей, устанавливаемых под некоторым углом к плоскости вращения.

Головка представляет собой опору, на которой монтируют вал ветроколеса и передаточный механизм. Форма головки зависит от системы передаточного механизма, сама головка может свободно поворачиваться вокруг вертикальной оси в опорах башни.

Хвост, закрепляемый позади головки, предназначен для установки ветроколеса на ветер и работает подобно флюгеру.

Башня служит для поднятия ветроколеса на высоту, на которой мало сказывается влияние препятствий, нарушающих прямолинейное движение воздушного потока. Высоту башни принимают в зависимости от диаметра ветроколеса и рельефа местности

Механизм регулирования служит для ограничения числа оборотов и крутящего момента ветроколеса, а также для остановки его при сильном ветре.

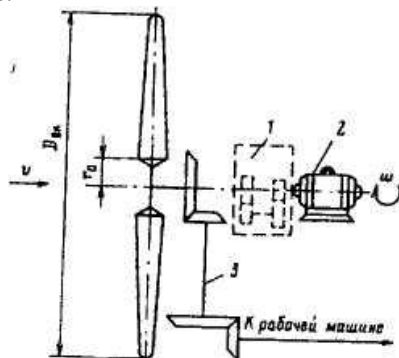


Рисунок 5.2 Принципиальная схема ветроустановки универсального типа с горизонтальной осью вращения: 1 - редуктор; 2 - генератор; 3 - вертикальный вал

На рисунке 5.3 для сравнения различных форм профиля показаны подъемные силы и силы сопротивления при одинаковом угле атаки. Наибольшую подъемную силу и наименьшую силу сопротивления имеет обтекаемый профиль

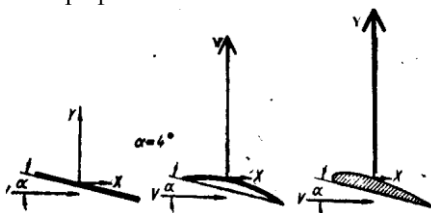


Рисунок 5.3 Подъемная сила, действующая на поверхности различного профиля

5.2 ПРОГРАММА РАБОТЫ

5.2.1 Изучить конструкцию лабораторного стенда.

5.2.2 Ознакомиться с основными элементами установки и их функциями.

5.2.3 Замерить параметры лабораторной ветроустановки, в т.ч. диаметр ветроколеса.

5.2.4 Построить зависимости частоты вращения рабочего колеса от числа лопастей, угла атаки и скорости ветра.

5.2.5 Рассчитать мощность лабораторной ветроустановки

5.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Изучить конструкцию лабораторного стенда и составить эскиз с описанием исследуемых элементов. Изучить способы ориентации ветроколеса на ветер, форму и конструкцию лопасти ветроколеса. Найти основные составные части ветроэлектрической установки.

Изменяя скорость ветра и угол атаки (угол заклинения), замерить частоту вращения и построить соответствующие зависимости. При неизменной скорости ветра, изменяя число лопастей замерить частоту вращения. Результаты измерений занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 Результаты измерений и вычислений

Скорость ветра, м/с	Угол заклинения	Число лопастей	Частота вращения, об/мин	

Измерить напряжение вырабатываемой генератором электроэнергии. Рассчитать мощность лабораторной ветроустановки.

5.4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.4.1 Из каких основных элементов состоит ветроэлектрическая установка?

5.4.2 Достоинства и недостатки ветроколеса с горизонтальной осью вращения?

5.4.3 От чего зависит частота вращения ветроколеса?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баскаков А.П. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст]: учебник для вузов (для бакалавров) / Баскаков А.П., Мунц В.А. - М.: ООО "ИД "БАСТЕТ", 2013 г. - 368 с.
2. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК [Текст] : учебное пособие для студентов вузов/ В. И. Земсков. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2014. - 355 с.
3. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст]: учебное пособие/ под ред. В. В. Денисова. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. - 318 с.

