

3. Гаврилин А.И., Обухов С.Г., Озга А.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра. – Томск: ТПУ, 2001 – 93 с.
4. А.В. Кабышев, Электроснабжение объектов//учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2007. – 185с.
5. Климова Г.Н., Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий// учебное пособие, -Томск: ТПУ, 2008.
6. Правила устройства электроустановок : Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с., ил.
7. Мельников М. А. Внутриводское электроснабжение: Учеб. пособие. – Томск:Изд. ТПУ, 2004. – 180 с.

Научный руководитель: Л.П. Сумарокова, к.т.н., доцент кафедры ЭПП ЭНИН ТПУ; консультант: И.А. Розаев, ассистент кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

## МИКРОГЭС

А.М. Козырев  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭСиЭ, группа 5А5Г

МикроГЭС – это установки локального характера, которые позволят получать более дешевую электроэнергию в малосолнечных странах, и на протяжении 24 часов в сутки.

Для того чтобы перейти к непосредственному созданию микроГЭС, необходимо рассмотреть характер поведения точки в вихревом движении жидкости. Для начала, предложим некоторые изменения в конструкции уже существующих микроГЭС. Вместо прямого подхода к основному цилиндра (рис 1.):



Рис. 1. Фотография действующей МикроГЭС (г. Оберграфендорф)

МикроГЭС будет иметь сужающуюся по ширине трубу, и будет иметь следующий вид (рис 2.)

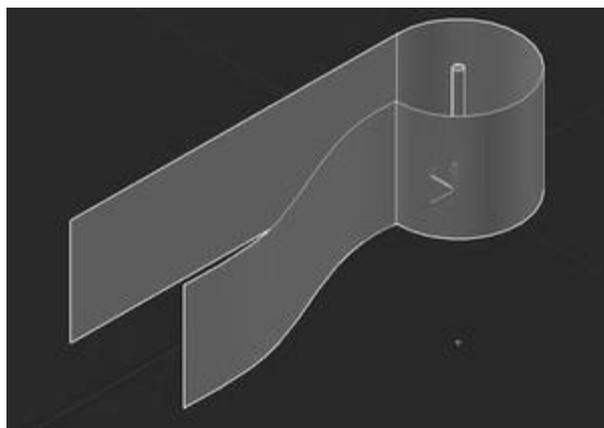


Рис. 2. Модель конструкции МикроГЭС.

Благодаря уменьшению сечения трубы, поток жидкости будет ускорен при входе в основной цилиндр. Предположим некоторые изначальные данные: Пусть общий поток жидкости в реке движется со скоростью  $V$ , тогда после прохождения трубы, постепенно сужающейся в диаметре, на выходе будем иметь скорость в соответствии с законом Бернулли:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2) + \rho v_1^2}{\rho}} \quad (1)$$

Получили среднюю скорость потока жидкости на выходе из узкой трубы, в следствии с геометрией, то есть труба была с постепенно уменьшенным сечением, на выходе скорость потока:

$$v_2 > v_1 \Rightarrow E_{k2} > E_{k1} \quad (2)$$

В следствии возрастания скорости, наблюдается прирост кинетической энергии, значит генератор электрической энергии будет вырабатывать на выходе большее количество электричества, а значит вырастает коэффициент полезного действия установки.

#### **Ламинарное и турбулентное течение:**

При ускорении потока жидкости, путем уменьшения площади сечения трубы, возникает вероятность появления турбулентного течения, в следствии которого будет происходить потеря необходимой для раскручивания лопастей кинетической энергии, за счет появления на выходе вихрей произвольного характера. Требуется учитывать данное явление уравнением для критического числа Рейнольдса. Пусть труба, в которой поток получает дополнительное ускорение, является прямой с сужением на конце, и с гладкими стенками. Тогда критическое значение числа Рейнольдса, при превышении которого возникает турбулентное течение равно:  $Re_{кр} = 2300$ . Из предположенных соображений, найдем оптимальную площадь поперечного сечения после сужения (для предотвращения дополнительных расчетов, будем считать что труба, уменьшается постепенно со всех сторон, сохраняя при этом в своем сечении округлость):

$$Re_a = \frac{Q \cdot D_z}{\nu \cdot A} \quad (3)$$

Где:

$A$  – Площадь поперечного сечения трубы;

$Q$  – Объемная скорость потока;

$\nu$  – Кинематическая вязкость среды;

$D_r$  – гидравлический диаметр (мера эффективности русла в пропускании потока жидкости. Чем меньше гидравлический диаметр, тем бóльшее сопротивление потоку оказывает русло (при одинаковой площади поперечного сечения потока)).

Выразим из выбранного отношения оптимальную площадь поперечного сечения трубы, с учетом того, что в нашем случае  $Re_{кр} = 2300$ :

$$A = \frac{Q \cdot D_z}{2300\nu} \quad (4)$$

При выборе места установки миниГЭС, необходимо учитывать в конструкционных размерах данное соотношение для диаметра трубы. Скорость течения потока учитывает величина  $Q$ .

**Теоретическое описание движения точки в области вихревого потока.**

После выхода потока из трубы в цилиндрическую ванну с отверстием, за счет сил Кориолиса, геометрического строения ванны, ламинарное течение жидкости начинает плавно переходить в турбулентное, то есть число Рейнольдса доходит до своего критического значения. В потоке происходят завихрения, неравномерно по всей поверхности, до образования стабильного большого вихря. Скорость материальной точки будут выглядеть следующим образом (рис 3.)

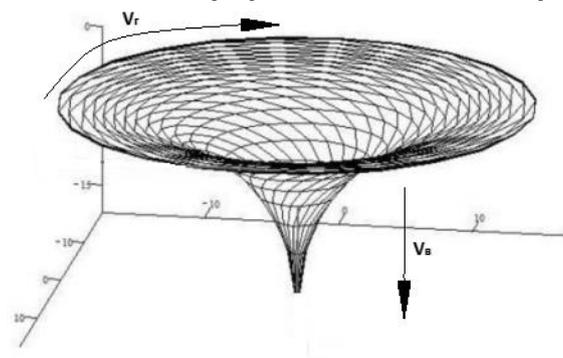


Рис. 3. Скорость потока.

Направление на рисунке указывают направление скорости движения. То есть точка участвует в сложном движении, по всем координатам. В общем итоге, все скорости могут быть описаны двумя составляющими: вертикальная и горизонтальная. Для начала рассмотрим горизонтальную составляющую. Пусть плоскость, в которой точка совершает движение, лежи в плоскости  $uOx$ , тогда рассмотрим движение (рисунок 4)

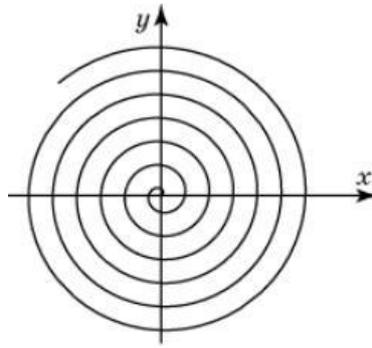


Рис. 4. Движение точки в плоскости.

Движение происходит по спирали Архимеда, для того чтобы описать скорость этом случае, запишем в полярных координатах уравнение спирали Архимеда:

$$\rho = \frac{a}{2\pi} \varphi \quad (5)$$

В этом уравнение  $a$  – шаг спирали. Так как рассматривается движение точки во времени, то величина модуля и угла будут функциями времени, тогда предложенное выражение запишем следующим образом:

$$\rho(t) = \frac{a}{2\pi} \varphi(t) \quad (6)$$

Продифференцируем данное выражение по переменной  $t$ :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{a}{2\pi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{a}{2\pi} \omega(t) = v_{\text{зоп}}$$

$$v = \sqrt{v_{\text{зоп}}^2 + v_{\text{вер}}^2} \quad (7)$$

Для того чтобы установка имела место быть, нам необходимо, чтобы точка приобретала ускорение по мере увеличения времени, и уменьшения радиуса, тем самым за счет ускорения будет возрастать кинетическая энергия, которую в дальнейшем мы преобразовываем в электрическую энергию.

$$L_1 = mv_1 R_1 \quad (8)$$

После некоторого промежутка времени  $t$ . Радиус уменьшится, и тело будет совершать вращение по окружности радиусом  $r = R_2 < R_1$ , тогда момент импульса для второго случая будет равен:

$$L_2 = mv_2 R_2 \quad (9)$$

По закону сохранения момента импульса, имеем:

$$L_1 = L_2 \quad (10)$$

Отсюда можно получить скорость вращения точки по меньшему радиусу:

$$mv_1 R_1 = mv_2 R_2 \Rightarrow v_2 = \frac{R_1}{R_2} v_1 \quad (11)$$

Из соотношения (11) видно, что чем меньше  $R_2$  тем больше скорость  $v_2$ , далее вывод строится из условия, что  $R_2 < R_1$ , то есть дробь в данном случае

всегда больше единицы, а это означает, что скорости определяются как:  $v_2 > v_1$ . Значит, что при уменьшении радиуса вращения точки, ее скорость увеличивается. Однако, точка движется во времени, то есть радиус является функцией времени, следовательно конечное выражение принимает вид:

$$v_2 = \frac{R_1}{R_2(t)} v_1 \quad (12)$$

Следовательно, так как с уменьшением радиуса возрастает, а радиус со временем убывает, то скорость со временем растет, причем зависимость скорости от времени выражается графиком:

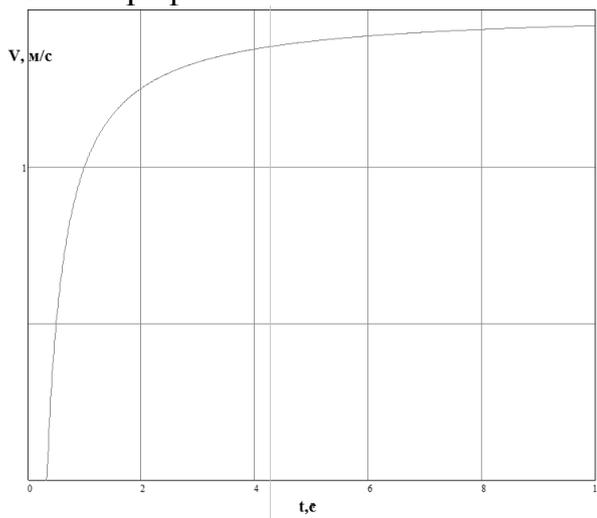


Рис. 5. Скорость движения точки от времени

Из графиков можно сделать вывод, что скорость по началу стремительно возрастает, до определенного момента, но затем асимптотически стремится к определенному значению, претерпевая незаметные изменения во времени, она достигнет своего максимума лишь в пределе, а конструкционно это невозможно. Таким образом, установка лопастей для раскручивания вала, зависит от того на какой координате скорость роста графика скорости от времени станет наиболее медленной, тем самым мы обеспечиваем максимальную подачу энергии раскручивания, и не затрудняем движение потока турбулентными течениями. Высота центрального цилиндра и глубина установки главного вала, также зависят от величины предельной скорости.

Размеры, и форма входной трубы потока выбирается из соображений критического значения числа Рейнольдса, для предотвращения на больших скоростях возникновения турбулентного течения, а в последствии этого потерю кинетической энергии потока.

В итоге, после проведенных расчетов и всех сделанных выводов, можно с уверенностью сказать о том, что в перспективе развития миниГЭС лежит огромный запас энергии за счет которой коэффициент полезного действия установки многократно возрастет.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.:Мир.—1973.—760 с

2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика (Теоретическая физика. Т. VI).—М.: Наука.—1988.—736 с.— ISBN 5-02-013850-9.

Научный руководитель: В.В. Шестакова, к.т.н., доцент каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

## УСТАНОВКА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ПРИРОДНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

П.В. Христенко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

В настоящее время существует множество способов получения энергии из возобновляемых источников. В данной работе рассматривается получение энергии от земляной батареи, её преобразования и увеличения мощности.

Для извлечения энергии от земляной батареи в почву устанавливаются электроды длиной 3 метра, как показано на рис. 1.

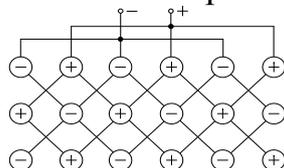


Рис. 1. Эскиз земляной батареи

Электроды положительных и отрицательных потенциалов соединяются параллельно-последовательно.

Для повышения постоянного напряжения от земляной батареи используется электромагнитный преобразователь, электрическая схема которого приведена на рис. 2.

На выходе получаем увеличение напряжения примерно в 24 раза (от 0,5 В до 12 В). При таком напряжении стабильно горит светодиодная лампа на номинальное напряжение 12 Вольт и мощностью 1 Ватт.

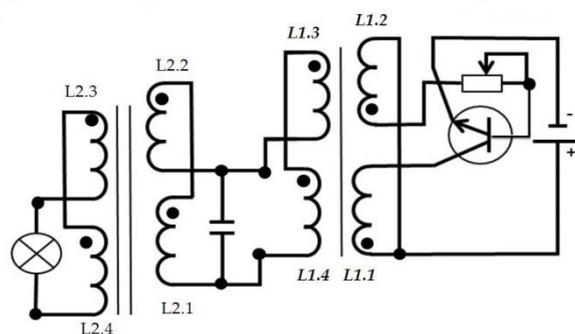


Рис. 2. Схема электромагнитного преобразователя.

Для дальнейшего увеличения мощности используется схема, приведённая на рисунке 3