

**БИРГЕЛЕШКЕН ТҮЗ АГЫМДУУ  
МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯНЫН ОКТОЛГООЧУНУН ИЙИЛҮҮГӨ  
ЭСЕПТӨӨНҮН АРТЫКЧЫЛЫКТАРЫ  
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ВАЛА СОВМЕЩЕННОЙ ПРЯМОТОЧНОЙ  
МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ИЗГИБ  
FEATURES OF CALCULATION OF SHAFT OF COMBINED DIRECT  
MICROHYDROELECTRIC POWER STATIONS ON BENDING**

Алманбет у. Н., **Almanbet u. N.**, [nur\\_96kg.tls@mail.ru](mailto:nur_96kg.tls@mail.ru)  
И. Раззаков атындагы КМТУ, КГТУ им. И. Раззакова, **KSTU I. Razzakova**,

**Кыргызский Государственный Технический Университет имени И.Раззакова  
Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov**

**Борукеев Т. С., Borukeev T. S.**, т.и.к., доцент, «Биргелешип билим берүү програмалары»  
институтунун директору, к.т.н., доцент, директор «Института совместных  
образовательных программ », Ph.D., Associate Professor, Director of the "Institutes of  
Educational Programs", [tuigun\\_ktu@rambler.ru](mailto:tuigun_ktu@rambler.ru)

**Института совместных образовательных программ  
Institutes of Educational Programs**

***Аннотация.** В настоящей статье исследуется работа гидротурбины которыми было запатентована авторами, приводится краткая описания конструкции турбины. Рассматриваются особенности проектирования вала турбин, определяется основные параметры вала которые обеспечивает нормальную эксплуатации микрогидроэлектростанции.*

***Аннотация.** Бул макалада авторлор тарабынан патенттелген гидробарасы изилденет, кыскача баранын түзүлүшүнүн түшүндүрмөсү келтирилет. Баранын октолгочунун долбоорунун өзгөчөлүктөрү каралат, нормалдуу колдонууну камсыздоочу баранын негизги мүнөздөгүчтөрү аныкталат.*

***Annotation.** In this article, the work of the turbine with which it was patented by the authors is studied, a brief description of the design of the turbine is given. The peculiarities of designing the shaft of turbines are considered, the main parameters of the shaft are determined which ensures the normal operation of the microhydroelectric power station.*

***Чечүүчү сөздөр:** түз агымдуу микрогидроэлектростанция, беттик генератор, басымдын энергиясы, салаңтик, жантайуу бурчу, тепкичтүү октолгооч.*

***Ключевые слова:** прямоточная микрогидроэлектростанция; торцевой генератор; энергия давления; прогиб; угол наклона; ступенчатый вал.*

***Key words:** flow-through microhydroelectric power station; end generator; pressure energy; deflection; angle of inclination; stepped shaft.*

Стремление человечество удовлетворять свои потребности, улучшение жизненных циклов привело к развитию промышленности, горнодобывающей- отрасли, создание различных машин и оборудования вырабатывающий и потребляющий энергию. На современном этапе количество потребителей энергии увеличивается день за днем, но то тоже время острым остается глобальные экологические проблемы. Такая условия ставят задачи получение энергию как можно больше, как можно чисто. По статистике 2017 года Соединённых Штатах Америки возобновляемые источники энергии сгенерировали 717

ТВт-час электроэнергии ( Bloomberg New Energy Finance доклад. «Зеленые» источники электричество в Европе первые в этом году произвели больше энергии (679 ТВт-час), чем местные угольные электростанции [1]. Ученые Ферганского политехнического института совместно с АО «Фаргоназот» и с правительством Узбекистана исходя из гидрологической характеристики протекающих по территории области планируется установка 230 микроГЭС со средней мощностью 50 кВт[3]. В нашей стране целесообразно использовать ВИЭ на основе микроГЭС. Так как наша республика единственная страна в Средней Азии, где водные ресурсы образуются на своей территории и водные ресурсы достаточно для обеспечения нужд электроэнергии.

*Совмещенная прямоточная микроГЭС (Патент KG №1798) (СПМГЭС)* сочетает в одном корпусе гидроагрегат мощностью до 100кВт и прямоточную турбину с осевым рабочим колесом. (рис 1). Основные гидравлические характеристики было рассчитано [5].

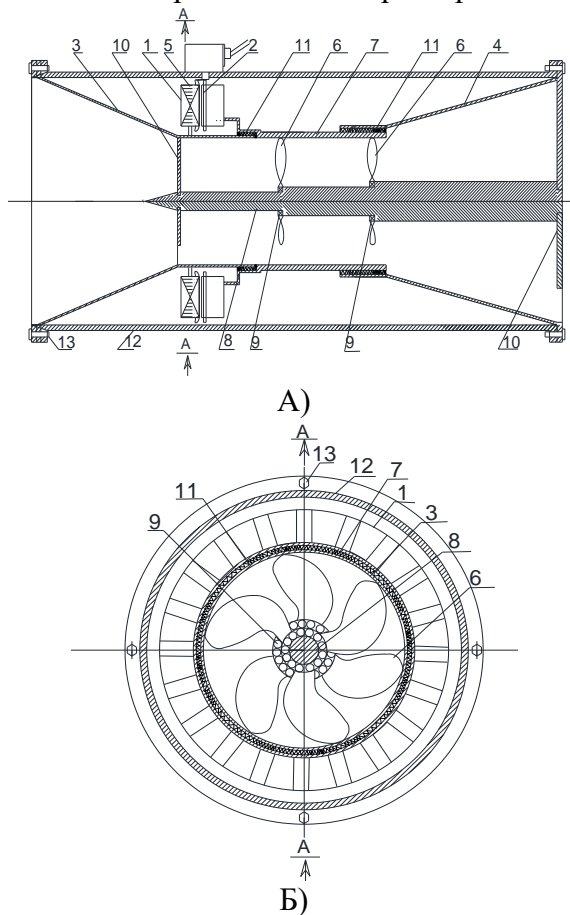
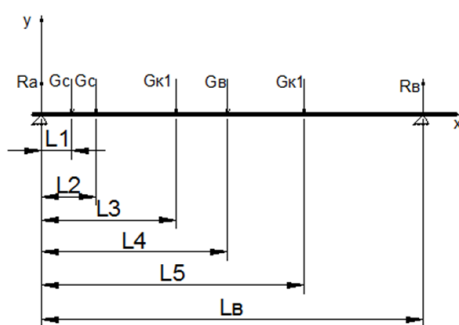


Рис 1. Совмещенная прямоточная микроГЭС

*А - продольный разрез совмещенной микроГЭС; Б - поперечный разрез микроГЭС;  
 1- торцевой статор, 2-массивный ротор, 3-конфузор, 4-диффузор, 5-трехфазная обмотка, 6-осевая турбина, 7-вращающийся цилиндр, 8-вал, 9-подшипники, 10-спицы, 11-уплотнители, 12-корпус, 13-болты закрепления*

Как правило каждая конструкторская решения требует новые знание и выполнение расчетов исходя особенности конструкции. Так как единой формулу для расчета таких конструкции не существует. Поэтому работу следует тщательно провести и анализировать с экспериментальным путем с созданием натуральных моделей. Отличительным



особенностями турбины является вал. Так как цилиндрический область рабочего колеса имеет сужающий характер за счет вала т.е. диаметр вала неравномерно. Связи с этим распределение нагрузки, усилия на статор турбины тоже является разным. Как и классические турбины рабочая колесо является двух опорным. При проектировании производится статический и динамический расчет вала (изгиб, кручения и растяжения)[2]

Рис 2. Кинематическая схема для определения реакции опор.

Особенности вала СПМГЭС является: неподвижность, ступенчатость, отсутствие фланцевой соединений. Для определения реакций опор  $R_A$  и  $R_B$  (рис. 2) учитывается:

- Вес статора ( $G_c$ ) и ротора( $G_p$ ) торцевого генератора
- Вес самого вала ( $G_b$ )
- Вес двух последовательных рабочих колес  $G_{k1}$  и  $G_{k2}$

Составляя уравнение моментов относительно точек А и В и решая простыми математическими операциями получим значения реакции опор  $R_A$  и  $R_B$ .

$$R_A = \frac{Gc(L_b - L_1) + Gp(L_b - L_2) + G_b(L_b - L_4) + G_{k1}(L_b - L_3) + G_{k2}(L_b - L_5)}{L_b} \quad (1)$$

$$R_B = \frac{Gc(L_1) + Gp(L_2) + G_b(L_4) + G_{k1}(L_3) + G_{k2}(L_5)}{L_b} \quad (2)$$

где  $L_b$ - длина вала,  $L_1, \dots, L_5$ -расстояние от начало до соответствующего элемента.

Для окончательной проверки необходима составит баланс следующей уравнении:

$$R_B + R_A = Gc + Gp + G_b + G_{k1/2} \quad (3)$$

Деформацию вала будем описывать двумя параметрами: прогиб вала ( $y$ ) и угол наклона ( $\varphi$ ). Так как вал жестко заделан с помощью двух опор и неподвижен, то задача значительно упрощается и угол наклона равна нулю. Связи с тем что, вал имеет несколько участков то задача оказывается достаточно трудоемким. Для уменьшения вычислительной работы придерживаясь условиями **метода начальных параметров** [2] из курса сопротивления материалов составляем уравнения **упругой линии** вала СПМГЭС.

$$Ely'' = R_A x - \frac{qx^2}{2} - Gc(x-L_1)_{x \geq L_1} + Gp(x-L_2)_{x \geq L_2} + G_{k1}(x-L_3)_{x \geq L_3} + G_{k2}(x-L_5)_{x \geq L_5} + R_b(x-L_b)_{x \geq L_b} + q\left(\frac{(x-L_x)^2}{2}\right)_{x \geq L_b} \quad (4)$$

где,

- $E$ -модуль упругости материала вала
- $I$ - момент инерции поперечного сечения вала
- $y$ -прогиб вала (рис 4)

- q-удельный вес вала

Разделяющий значок  $x \geq L$  указывает что соответствующий член должен, учитываться только в данной участке вала. Интегрируя (4) дважды получим уравнения упругой линии вала.

$$EIy'' = R_A \frac{x^3}{6} - \frac{qx^4}{24} - Gc \frac{(x-L_1)^6}{6} + Gp \frac{(x-L_2)^6}{6} + G_{k1} \frac{(x-L_3)^6}{6} + G_{k2} \frac{(x-L_5)^6}{6} + R_b \frac{(x-L_b)^3}{6} + q \left( \frac{(x-L_x)^4}{24} \right)_{x \geq L_b} + C + D \quad (5)$$

Для нахождения постоянные интегрирования указываем граничные условия

$$x=0, x=L_b \quad y=0 \quad \text{тогда } D=0.$$

$$C = -R_A \frac{L^3}{6} - \frac{qL^4}{24} - Gc \frac{(L-L_1)^6}{6} + Gp \frac{(L-L_2)^6}{6} + G_{k1} \frac{(L-L_3)^6}{6} + G_{k2} \frac{(L-L_5)^6}{6} \quad (6)$$

По полученным значениям прогибов производится графическое строения упругой линии вала и определяются расчетные параметры.

Заключение

- ✓ Было определено и составлена уравнение реакции опор для статоров турбин СПМГЭС с учетом неравномерной распределении весовых нагрузок
- ✓ Получена дифференциальная уравнения упругой линии вала позволяющий определить материал и геометрические размеры вала.

#### Список литературы:

1. Возобновляемые источники энергии <http://www.life.ru>. (дата обращения 08.03.2018)
2. Глухих В.Н., Прилуцкий А.А. Расчет и проектирование валов: Учеб. пособие. – СПб: СПбГУ- НиПТ, 2010. – 76 с.
3. МикроГЭС в Узбекистане, новости с сайта <http://www.uznet.uz//twitter.com>
4. М.Л Стеклов , Горизонтальные гидравлические турбины. Конструкция и расчет.- М.: Ленинград, 1974
5. Разработка совмещенной прямоточной микрогидроэлектростанций// Известия Кыргызско Государственного Технического Университета-2018-№45.