



РусГидро



Международная ассоциация
корпоративного образования

Конкурс «Энергия развития»

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

«Разработка конструкции водовода и затворной камеры для типового ряда низконапорных мини-ГЭС с ортогональной гидравлической турбиной»



Введение

Использование энергии небольших водотоков с помощью малых гидроэлектростанций (мини-ГЭС) – одно из наиболее эффективных направлений развития альтернативной энергетики. Малая гидроэнергетика является прекрасной альтернативой централизованному энергоснабжению для удаленных и труднодоступных районов и районов с ограниченной передаточной мощностью ЛЭП.

Использование мини-ГЭС позволяет зафиксировать стоимость энергоресурсов на приемлемом для потребителя уровне, решает проблему перебоев электроэнергии.

Одной из задач, стоящей в настоящее время перед компанией «РусГидро», является проектирование энергоблока для типового ряда низконапорных мини-ГЭС с ортогональной гидравлической турбиной. Основная проблема здесь заключается в разработке конструкции напорного водовода с использованием полимерных материалов. Данный проект является весьма перспективным: реализованные технические решения планируется внедрить при строительстве мини-ГЭС на полуострове Камчатка уже в следующем году. Помимо новых ГЭС, результаты проекта планируется использовать при модернизации существующих мини-ГЭС.

Задача

Используя материалы Приложения необходимо разработать конструкцию водовода и затворной камеры мини-ГЭС с использованием полимерных материалов. При этом конструкция из полимеров должна иметь пропускную способность и уровень гидравлических потерь не хуже чем у аналогичных конструктивных решений из стали.

В приложении также приведены рекомендации по проектированию водовода с прямоугольным поперечным сечением. Необходимо просчитать и сравнить эффективность исполнения водоводов с различными формами сечения, предусмотрев наличие переходного участка на прямоугольный вход турбинной камеры. Данный участок, в свою очередь, также может быть сделан как из полимеров, так и из стали.

По результатам технического проектирования необходимо оценить стоимость конструкции, рассчитав количество расходного материала и его цену¹.

Структура и содержание отчета

1. Резюме (не более 1 страницы)

Что было проделано, в каком порядке, какое решение было найдено, краткое обоснование его эффективности (основная часть должна быть приведена в теле отчета).

2. Описание проделанной работы (2-5 страниц)

На основании чего было выбрано данное решение? Что было сделано? (обзор литературы по теме, математическое либо компьютерное моделирование, консультации с экспертами, преподавателями вузов и т.п.)

3. Приложения (на усмотрение)

Чертежи и схемы, формулы и расчеты, параметры выбранных материалов, потенциальные поставщики и их характеристика

¹ Стоимость проекта, на первоначальном этапе, должна быть рассчитана без учета стоимости человеческого труда. Необходимо ориентироваться на реальные данные о стоимости материалов, имеющиеся в открытом доступе. При этом желательно искать поставщиков из числа отечественных производителей. В случае выбора иностранных производителей необходимо обосновать преимущества и экономическую целесообразность их привлечения по сравнению с отечественными аналогами.

Приложение 1. Основные проектные сведения

1. В качестве основы проекта берется мини-ГЭС с сифонным водозабором, представленная на Рисунке 1.

На данном рисунке, в качестве примера, приведена схема мини-ГЭС, расположенной в нижнем бьефе каменно-земляной плотины высотой 5 м, с шириной по гребню 3 м и заложением откосов 1:1.

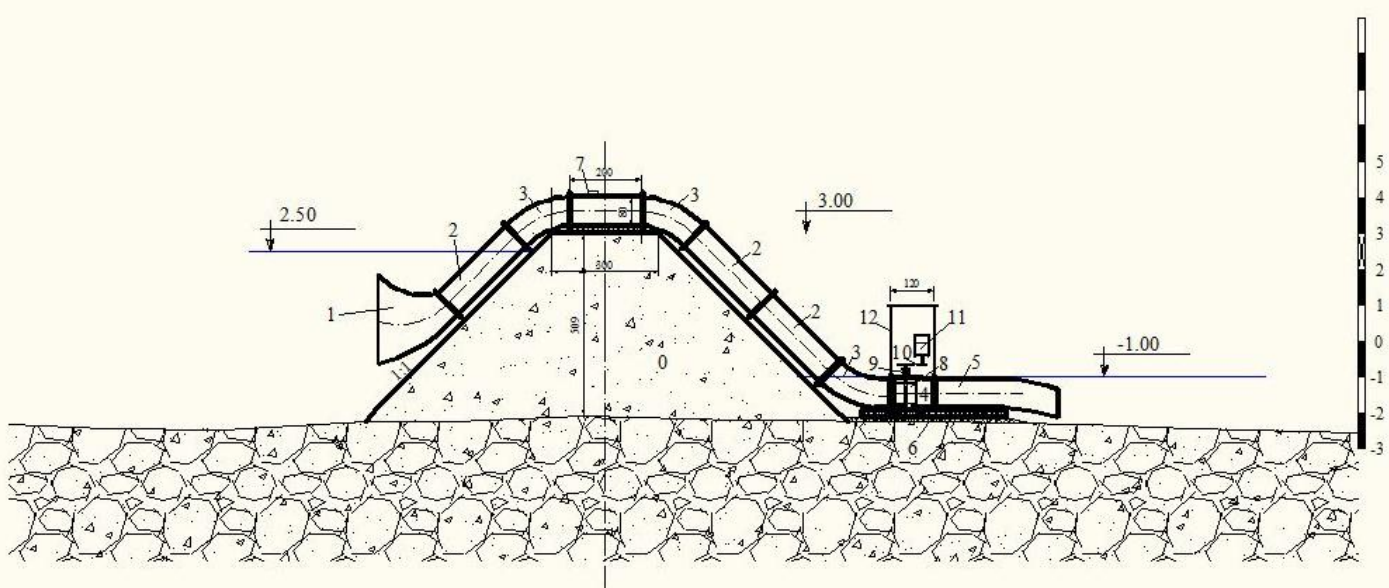
Энергоблок типовой мини-ГЭС включает в себя следующие основные узлы, прорабатываемые в техническом проекте:

а) Напорный водовод, состоящий из водозаборного оголовка с сороудерживающей решеткой и сеткой, прямолинейных участков водовода, отводов с поворотом потока на 45°, турбинной камеры и отсасывающей трубы. Водовод комплектуется вакуумным воздушным насосом и предохранительным клапаном для срыва вакуума;

б) Основное гидромеханическое оборудование в составе рабочего колеса ортогональной турбины с консольным вертикальным валом, установленном в подшипниковом узле на верхней крышке турбины, ременной передачи между валом турбины и валом вертикального синхронного генератора, самого синхронного генератора и стояночного тормоза на его валу.

в) Тонкостенный цилиндрический защитный корпус (кожух) электромеханического оборудования герметично закрепленный на верхней плоскости турбинной камеры.

Возможен вариант более короткого прямолинейного соединения водозаборного оголовка с турбинной камерой с двумя отводами. В этом случае отпадает необходимость в воздушном вакуумном насосе, а вместо него появляется предтурбинный затвор в нижнем бьефе. Значительная часть напорного водовода располагается при этом в теле плотины.



- | | |
|--|--|
| 0 - Каменно-набросная плотина | 9 - Подшипниковый узел вала рабочего колеса |
| 1 - Оголовок напорного водовода с сеткой | 10 - Ремённая передача |
| 2 - Прямолинейные участки напорного водовода | 11 - Генератор с вертикальным валом |
| 3 - Отводы напорного водовода под углом 45° | 12 - Цилиндрический защитный корпус электро-механического оборудования |
| 4 - Турбинная камера | |
| 5 - Отсасывающая труба | |
| 6 - Ж/б плита (основание камеры) | |
| 7 - Клапан сифона | |
| 8 - Рабочее колесо ортогональной турбины | |

Рис. 1. Схема мини-ГЭС с сифонным водозабором

2. Основные параметры типового ряда.

Типовой ряд состоит из мини-ГЭС установленной мощностью 10, 30 и 60 кВт. Размеры ротора турбины и его конструкция приняты одинаковыми для всего типового ряда, (меняется только количество лопастей).

При этом диаметр турбины равен 600 мм, а высота лопастей (используется ортогональная турбина с вертикальным валом) равна 800 мм. Профиль лопасти также принят одинаковым для всех турбин ряда.

Приняты одинаковые геометрические размеры элементов напорного водовода, перечисленные в пункте 1а. Различия могут быть только в длинах и количестве прямолинейных секций водоводов, из которых он собирается применительно к конкретным натурным объектам. При этом мини-ГЭС ряда отличаются друг от друга величиной расчетного напора, расчетного расхода воды, единичной установленной мощностью генераторов отдельных линий и количеством независимых линий с общим электрическим регулятором мощности при работе на локального потребителя.

При определении расчетного напора и расчетного расхода воды для достижения установленной мощности гидроагрегата номинальная частота вращения турбины принимается одинаковой для всех установок ряда и равной 280 об/мин. При нормальном атмосферном давлении верхняя горизонтальная плоскость турбинной камеры может располагаться выше минимального уровня нижнего бьефа не более чем на 1 м.

В этих условиях для мини-ГЭС ряда мощностью 10 кВт используется одна установка (одна линия). При этом турбина имеет три лопасти, а установленная мощность генератора в 10 кВт достигается при расчетном напоре, равном 1,5 м и расчетном расходе воды, равном 1,25 м³/с.

Для мини-ГЭС ряда мощностью 30кВт используется одна установка с турбиной, имеющей 5 лопастей, а установленная мощность генератора равная 30 кВт достигается при расчетном напоре, равном 3,5 м и расчетном расходе воды, равном 1,45 м³/с.

Для мини-ГЭС ряда мощностью в 60 кВт используется как минимум 2 одинаковые линии с установленной мощностью генераторов по 30 кВт на каждой линии и общим электрическим регулятором мощности. Таким же образом может быть набрана необходимая мощность мини-ГЭС из нескольких линий, кратных 10 и 30 кВт при работе на общий электрический регулятор мощности. При этом если для мини-ГЭС, состоящей из одной линии мощностью 10 кВт или 30 кВт, в качестве регулятора используется балластная нагрузка, обеспечивающая работу турбины с постоянной частотой вращения, то для двух и более линий осуществляется работа мини-ГЭС на локального потребителя с переменной частотой вращения турбины. При этом используются выпрямители тока с работой генераторов отдельных линий на общие шины постоянного тока и общий инвертор для последующего преобразования постоянного тока в переменный со стандартными параметрами у потребителя.

Полный напор на мини-ГЭС складывается из суммы расчетного напора и гидравлических потерь напора в напорном водоводе, как местных, так и по длине от водозаборного устройства до турбинной камеры. Как правило, потери напора не превышают 10% от расчетного напора. Потери напора в отсасывающей трубе учитывать не следует, так как они уже учтены в характеристике турбины.

3. При проектировании необходимо предусмотреть, что принципиальные конструктивные решения, параметры и нагрузки узлов мини-ГЭС определяются Заказчиком.

Конкретные размеры узлов уточняются в процессе проектирования и согласовываются с Заказчиком. Ниже приведены **предварительные рекомендации** по проектированию основных узлов мини-ГЭС.

3.1. Напорный водовод прямоугольного поперечного сечения²

Внутренний размер поперечного сечения прямых участков и отводов: высота – 800 мм; Ширина – 940 мм. Рекомендуемый средний радиус закругления отводов $R = 940$ мм. Для изготовления секций напорного водовода используется листовая сталь толщиной $\delta = 5$ мм.

Для обеспечения местной устойчивости и прочности плоских стенок водовода к ним снаружи привариваются прерывистым швом ребра жесткости, перпендикулярно продольной оси водовода из стального горячекатаного швеллера №5.

На прямых участках водовода швеллеры образуют снаружи водовода замкнутые прямоугольные рамки, которые устанавливаются друг от друга с равным шагом. Для выбора шага ребер жесткости требуется провести прочностные расчеты секций водовода на внутреннее избыточное давление 40 000 Па для секций, примыкающих к турбинной камере. Предварительное максимальное рекомендуемое значение шага ребер жесткости – 300 мм. В целях унификации допускается сохранение постоянного максимального шага между ребрами жесткости по всей длине водовода, в том числе на менее нагруженных его участках.

Соединение секций водовода между собой – фланцевые (фланцы из стальной полосы толщиной 5 мм) с резиновой прокладкой. Рекомендуемая длина секции водовода – не более 2,5 м, с тем чтобы масса отдельной секции не превышала 0,5 т. Рекомендуемые скорости течения перед сороудерживающей решеткой – не более 0,5 м/с.

Необходимо предусмотреть, что размеры входного оголовка и отсасывающей трубы уточняются с Заказчиком в рабочем порядке.

3.2. Турбинная камера с турбиной, ременной передачей и генератором (гидросиловой узел).

Внутреннее поперечное сечение турбинной камеры – прямоугольное, постоянное по длине камеры и совпадает с поперечным сечением подводящего водовода: Ширина – 940 мм.; Высота – 800 мм. Длину камеры следует принять не менее 1200 мм.

Турбинная камера изготавливается сварной из листовой стали толщиной 5 мм с усилением в виде наружных ребер жесткости. На верхней горизонтальной плоскости камеры выполняется отверстие, окантованное стальным кольцом прямоугольного поперечного сечения для крепления к нему болтовым соединением через уплотнение люка камеры, диаметром около 640 мм. К этому люку крепится корпус подшипниковой опоры вала рабочего колеса. Крепление вала рабочего колеса – консольное, в подшипниках качения. Нижняя опора ротора колеса отсутствует. Для исключения попадания воды из турбинной камеры в полость подшипников качения предусматривается торцевое уплотнение на рабочий перепад давления не более 35000 Па. Профильтрованная через уплотнение вода самотеком по дренажным каналам попадает в специальный приямок, расположенный сбоку турбинной камеры и периодически (по мере наполнения) автоматически удаляется из него микро-насосом в нижний бьеф.

Вал турбины соединяется с вертикальным валом генератора ременной передачей. Для синхронного генератора с номинальной частотой вращения 1500 об/мин передаточное отношение ременной передачи 5,35 с округлением до ближайшего стандартного значения в сторону уменьшения. Для синхронного генератора с номинальной частотой вращения 1000 об/мин передаточное отношение уменьшается в 1,5 раза.

² Вам необходимо рассмотреть различные варианты сечений и сравнить их эффективность

От подтопления со стороны нижнего бьефа и для защиты от атмосферных осадков мультипликатора и генератора на верхней горизонтальной плоскости турбинной камеры устанавливается и закрепляется защитный цилиндрический корпус 12 (см. **Рисунок 1**).

Размеры вала турбины устанавливаются в рабочем порядке в результате прочностных расчетов по нагрузкам, полученным от Заказчика, с учетом определяемых Заказчиком допустимых деформаций вала. Предварительные размеры вала рабочего колеса турбины: длина вала 1400 мм, диаметр вала переменный по длине с максимальным значением не более 90 мм.

Внутри турбинной камеры на ее вертикальных боковых стенках устанавливается пристеночный направляющий аппарат. Координаты боковых стенок и дефлекторов направляющего аппарата сообщаются Заказчиком в рабочем порядке и являются конфиденциальной информацией.

3.3. Защитный корпус

Защитный корпус предотвращает затопление мультипликатора и генератора при подъеме уровня нижнего бьефа выше отметки верхней горизонтальной плоскости турбинной камеры в половодье и сильные паводки.

Диаметр защитного корпуса должен быть не менее 1000 - 1200 мм для доступа монтажника внутрь этого корпуса к разъемным соединениям для монтажа (демонтажа) генератора, ременной передачи и рабочего колеса при проведении ремонтных работ. Демонтаж колеса возможен при этом при открытом клапане 7 (рисунок 1) и уровне нижнего бьефа ниже крышки турбины. В противном случае необходимо предусмотреть мероприятия и конструктивные элементы для временного закрытия выходного отверстия отсасывающей трубы, например, с помощью облегченных шандоров с откачкой воды из турбинной камеры по специальному трубопроводу.

Толщина стенок цилиндра защитного корпуса может быть не более 5 мм. даже если он не стальной, а, например, из стеклопластика. Необходимо предусмотреть герметичное соединение торца защитного корпуса с верхней плоскостью турбинной камеры и исключить возможность всплытия турбинной камеры при слишком высоком уровне нижнего бьефа, например, за счет ее соединения с массивной фундаментной плитой.