

РАЗРАБОТКА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МИКРО-ГЭС НА БАЗЕ ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Никоноров Б.М. – аспирант, Ладейщиков С.Ю. – студент, Жданов Е.П. – к.э.н.,
Иванов В.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Для эффективной работы осевых гидротурбин их изготавливают поворотными, при этом, как правило, используется сложный механизм кинематической связи поворотного механизма лопаток турбины и лопаток направляющего аппарата. Например, имеется описание осевой гидротурбины, у которой на корпусе рабочего колеса закреплены лопасти с возможностью поворота посредством механизма поворота, состоящего из упорных колец, жёстко скреплённых с лопастями и шарнирно соединённых с серьгами, связанными с крестовиной рабочего колеса, соединённой с сервомотором. Механизмы поворота лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса соединены между собой и обеспечивают одновременное изменение положения [1].

Недостатками таких конструкций являются сложность конструкции вследствие использования механизмов поворота лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса с помощью сервомоторов, большое количество деталей конструкции, а также трудоёмкость изготовления и монтажа, крупные габариты установки.

В настоящей работе предлагается более простая конструкция осевой пропеллерной гидротурбины (рис.1) с поворотными лопастями 1, равномерно закрепленными на оси с помощью болтового соединения 2 на корпусе 3, установленном на валу 4.

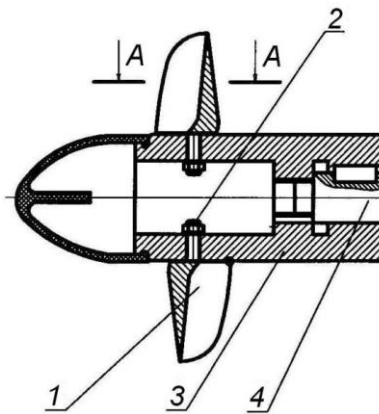


Рис.1. Рабочее колесо осевой гидротурбины в разрезе

Углы поворота лопастей (рис. 2) рабочего колеса должны быть небольшими, чтобы не изменять оптимального режима работы гидротурбины и настраиваются на условия эксплуатации перед началом работы. Поворот лопастей на большой угол относительно центрального положения приводит к возрастанию расхода воды либо к резкому увеличению гидравлического сопротивления турбины, и в том и в другом случае к.п.д. турбины падает.

Направляющий аппарат выполнен из соосно расположенных внешнего и внутреннего корпусов. Вода поступает в направляющий аппарат через входящий во внешний корпус под острым углом к оси аппарата патрубок. Между внешним и внутренним корпусами направляющего аппарата равномерно с достаточной частотой располагаются направляющие лопатки. Лопатки направляющего аппарата развёрнуты по направлению вращения рабочего колеса и соединены с внешним корпусом так же с помощью резьбового соединения, позволяющего при необходимости подстраивать угол разворота.

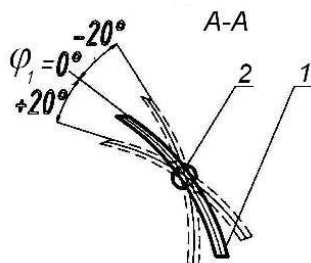


Рис.2. Лопатка гидротурбины

Расчеты показывают, что нецелесообразно поворачивать лопатки направляющего аппарата более, чем на -20° , так как это приводит к закрытию прохода для воды, и более, чем на $+20^\circ$, так как при этом возрастает расход воды настолько, что возникает необходимость определения нового расчётного положения угла

установки лопастей гидротурбины для сохранения высокого КПД.

Направляющий аппарат путем поворота лопаток создает нужное направление потока, поступающего на рабочее колесо, изменяет количество протекающей через рабочее колесо

воды и даже позволяет прекратить поступление воды. Изменяя с помощью направляющего аппарата расход воды через турбину, можно регулировать ее мощность.

Поток воды, проходя через водоподводящую часть Микро-ГЭС, входной патрубок направляющего аппарата, поступает на лопатки направляющего аппарата, а далее - на лопасти рабочего колеса. После чего вода направляется в водоотводящую часть. При значительном изменении напора и расхода для обеспечения высокого КПД осевой турбины осуществляется регулирование расхода воды одновременным изменением вручную положения лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса. При этом вода, проходя через турбину, раскручивает ее, и тем самым энергия воды преобразуется в механическую энергию вала, соединенного с асинхронным двигателем, превращающего механическую энергию в электрическую. Например, осевая гидротурбина при диаметре рабочего колеса 0,13 м и напоре 22,5 м генерирует мощность 10 кВт.

Таким образом, разработанная конструкция осевой гидротурбины микро-ГЭС имеет хорошие энергетические показатели и обеспечивает небольшие размеры проточного тракта гидроагрегата.

Литература

1. Смирнов И.Н. Гидравлические турбины и насосы. - М. Высшая школа, 1969. 400 с.

ОРИГИНАЛЬНАЯ ТРЕХЛОПАСТНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Романенко Р.В. - аспирант, Степанова М.М. – студентка, Жданов Е.П. – к.э.н.,

Иванова Т.Ю. – к.т.н., доцент,

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Разрабатываемая конструкция гидротурбины может быть использована для преобразования энергии малых потоков воды с небольшими расходами и напорами в электроэнергию. Ранее известные пропеллерные гидротурбины имели достаточно сложную конструкцию, ограничивающую их применение высоко- и средненапорными устройствами. С целью использования гидротурбины в ранее недостижимых режимах создаются конструкции без возможности во время работы турбины изменять ее геометрию, но существенно более простые в изготовлении и малогабаритные. В настоящей работе сделана попытка максимально упростить конструкцию и одновременно повысить ее к.п.д. за счет уменьшения потерь на гидравлическое сопротивление.

В качестве прототипа предлагаемой конструкции была взята осевая гидротурбина, содержащая направляющий аппарат из соосно расположенных внешнего и внутреннего корпусов, между которыми закреплены лопатки, которые можно слегка разворачивать в соответствии с оптимальным режимом гидротурбины; рабочее колесо, размещенное в камере, с поворотными лопастями, закрепленными внутри оси турбины; водоподводящую изогнутой формы и водоотводящую части. Лопатки направляющего аппарата одними конца-

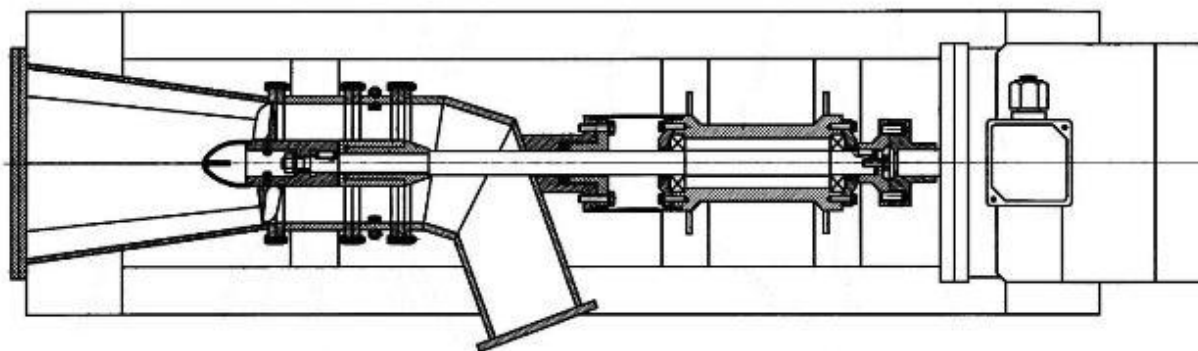


Рис.1. Микро-ГЭС на основе поворотно-лопастной осевой турбины

ми закреплены на внутреннем корпусе, а другими - соединены с внешним корпусом с помощью резьбовых соединений позволяющих производить поворот от расчетного положения угла установки лопаток направляющего аппарата (рис. 1).

Для упрощения и одновременно повышения надежности крепления лопастей с возможностью их разворота вблизи центрального положения, соответствующему расчетному режиму гидротурбины, а также более удобной регулировки исследовалась возможность использования трех равномерно расположенных лопастей турбины с креплением лопасти винтом, проходящим через сквозное отверстие в оси (рис. 2). Рабочее колесо получает более жесткую конструкцию и для поворота лопастей отпадает необходимость в полной разборке гидротурбины.

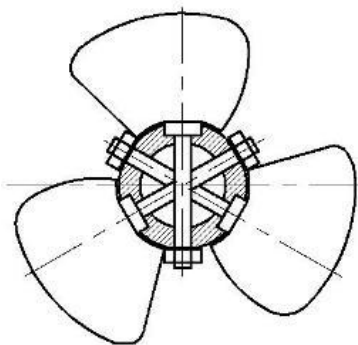


Рис. 2. Рабочее колесо гидротурбины

Исследовалась возможность упрощения конструкции крепления лопаток направляющего аппарата. Известно, что при повороте лопатки возникает дополнительное гидравлическое сопротивление за счет более тяжелых условий обтекания передней кромки лопатки. С целью

уменьшения последствий изменения ориентации направляющей лопатки относительно потока воды рассматривалась конструкция, в которой передняя часть лопатки неподвижна и имеет наиболее подходящую форму и угол разворота, а задняя часть, ответственная за направление вектора скорости потока на выходе из направляющего аппарата, подвижна и удерживается винтом с гайкой с внешней стороны корпуса. Схематичный чертеж такой лопатки приведен на рис. 3.

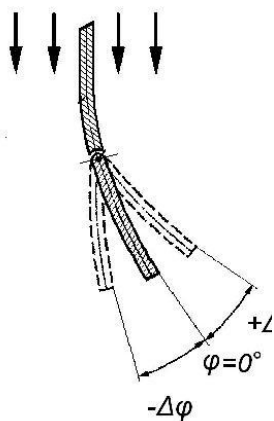


Рис. 3
Направляющая лопатка

Поскольку направление движения потока воды в направляющем аппарате гидротурбины главным образом изменяется неподвижными лопатками, жестко закрепленными между внешним и внутренним корпусами направляющего аппарата, то при обтекании задней кромки лопатки, развернутой на некоторый небольшой угол относительно центрального положения, в ней создаются меньшие напряжения изгиба, чем если бы разворачивалась вся лопатка целиком. Поэтому конструкция получается более прочная и легче поддается регулировке. За счет безударного обтекания передней кромки лопатки уменьшено гидравлическое сопротивление направляющего аппарата и, соответственно, возрос к.п.д. всей энергетической установки.

В целом, конструкция гидротурбины получилась проще, без уменьшения прочности допускает уменьшение габаритов, более проста в регулировке и может использоваться в расчетном оптимальном режиме при меньших напорах и расходах воды.

К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ВЕРХНЕНАЛИВНОГО ВОДЯНОГО КОЛЕСА
 Мещерякова В.А. – аспирант, Жданов Е.П. – к.э.н., Иванов В.М. – д.т.н., профессор,
 Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Верхненаливное водяное колесо (рис.1) имеет ряд достоинств для генерации электроэнергии используя потенциальную энергию воды по сравнению с гидротурбинами: это – значительная простота конструкции, прочность, безопасность в эксплуатации, устойчивость к природным катаклизмам и погодным явлениям, полное отсутствие высоконапорных элементов. С другой стороны, вследствие небольших перепадов уровней D (D – диаметр колеса), используемых водяным колесом, мощность, снимаемая с его вала, ограничена, поэтому очень важно использовать наиболее эффективную конструкцию колеса.



Рис. 1. Верхненаливное водяное колесо

Традиционные конструкции радиальных или расположенных под небольшим углом к радиусу лопастей колеса делают конструкцию недостаточно эффективной, так как используется вес воды только в верхней части колеса с рычагом, меньшим радиуса, а затем вода свободно сливается вниз.

Для оптимизации конструкции была использована простая модель с горизонтальной свободной поверхностью, которая не учитывает динамические эффекты. Тем не менее, можно считать, что в первом приближении правильно оценено влияние габаритов и формы полостей для удержания воды, образованных лопастями. Была разработана программа на компьютере, проведены расчеты.

Для максимального удержания воды в полостях, образованных лопастями, их форма может быть достаточно изощренной. Это предмет дополнительного анализа. Для расчетов была выбрана достаточно простая и технологичная в исполнении форма, позволяющая, тем не менее, удерживать воду в средней части колеса, на максимальном удалении от вертикальной линии, проходящей через его ось. Это – плоская лопатка с одним изгибом и габаритами, указанными в таблице 1. Данные позволяют полностью определить геометрию и координаты любой точки лопатки и свободной поверхности воды. На рис.2 приведен поперечный разрез такого водяного колеса с 12 лопатками в положении, когда внешняя часть лопатки 1 принимает горизонтальное положение и еще не участвует в удержании воды, а для противоположной лопатки 7 - уже не участвует, и вся вода из соответствующей полости вылилась. Вертикальными черточками обозначены горизонтальные координаты центров масс воды, находящейся в полости.

Таблица 1

Внешний диаметр	0,90 м
Внутренний диаметр	0,55 м
Внутренняя часть лопатки	0,38 м
Внешняя часть лопатки	0,24 м
Минимальное количество	12 шт.

Для любого положения колеса, например, величины угла наклона лопасти №1 (выбранной произвольно) к горизонтальной линии проводился расчет момента силы тяжести, действующей на объем воды, находящейся в кармане, образованном этой лопастью, по формуле $\vec{M}_i = \rho \iiint_V dV \times \vec{r}$, которая сводится для колеса единичной длины к формуле

$$\vec{M}_i = \rho \iint ds \times \vec{r}. \quad (1)$$

Вся задача при этом сводится к определению ориентации кармана, координат лопасти и внутреннего цилиндра обода и границы свободной поверхности. Координаты лопастей

имеют единственное ограничение: лопасти должны равномерно полностью заполнять обод водяного колеса. Моменты силы, действующие на объемы в каждом кармане, \bar{M}_i , складываются, и таким образом получается суммарный момент, позволяющий рассчитать снимаемую с вала колеса мощность.

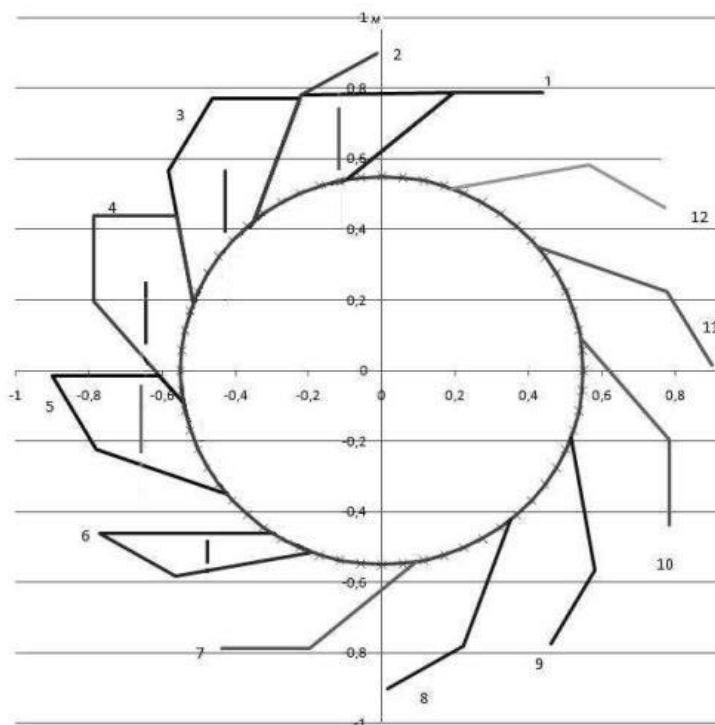


Рис. 2. Схема водяного колеса

ются, и таким образом получается суммарный момент, позволяющий рассчитать снимаемую с вала колеса мощность.

Были произведены расчеты для колес с 12, 15 и 20 лопастями. Графики результатов расчетов представлены на рис. 4. Из рисунка видно, что с увеличением количества лопастей 1) момент силы, приложенной к оси колеса возрастает, что соответствует более полному заполнению пространства между внешним и внутренним ободами; 2) при увеличении лопастей на 5 шт. (около 20%) суммарный момент, приложенный к оси колеса, возрастает приблизительно на 10%; 3) колесо более равномерно нагружено во время вращения; 4) исчезает "провал" момента, а затем резкий удар, то есть режим работы в целом конструкции и генератора становится более благоприятным; 5) кривая суммарного момента сил имеет циклический вид и время цикла уменьшается с увеличением числа лопастей.

работы в целом конструкции и генератора становится более благоприятным; 5) кривая суммарного момента сил имеет циклический вид и время цикла уменьшается с увеличением числа лопастей.

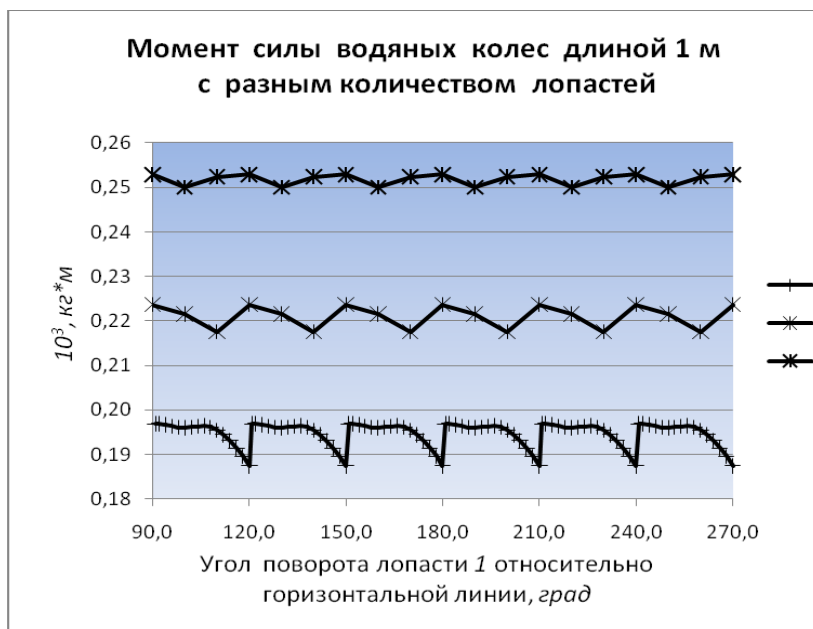


Рис. 4

Очевидно, что форма лопасти оказывает большое влияние на степень заполнения полезного объема колеса, величину суммарного момента сил, время его действия, время его действия, время его действия. Возможно оптимизировать форму с целевой функцией – величина интеграла по времени от момента сил, приложенных к оси.

В данных расчетах использовалась фактически статическая модель и не учитывались инерционные свойства воды.

В реальности, конечно, они играют немалую роль в разбрызгивании, выплескивании, волнообразовании в полости. Имеет смысл 1) в совершенствовании модели; 2) в принятии мер по конструктивной доработке колеса с целью возможно дольшего удержания воды в карманах; 3) в совершенствовании конструкции, позволяющей изготовить водяное колесо с густо расположенными лопастями.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСЕВЫХ ТУРБИН МИКРО- ГЭС ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

Степанова М.М. – студент, Юренков В.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В АлтГТУ проводятся исследования по подбору проточных частей гидравлических турбин для микро-ГЭС для различных условий эксплуатации (различных напоров). При расчете геометрических размеров проточных частей гидравлических турбин осевого типа малых размеров используется струйная модель потока с привлечением опытных данных по потерям, полученных на подобных турбинах больших размеров. Результаты исследований по определению потерь в микротурбинах в литературных источниках отсутствуют. Для ориентировочных оценок эффективности работы лопаточного аппарата малой осевой турбины была разработана методика определения углов входа и выхода потока при обтекании лопасти и при различных напорах воды, поступающей в турбину.

Турбинные решетки для осевых гидравлических турбин выполняются с малым углом поворота потока при большом относительном шаге (малом числе рабочих лопаток). Однако при малом числе рабочих лопаток становится невозможно применение классического канального метода расчета параметров турбинной рабочей решетки, так как исчезает то, что называют собственно «каналом», то есть пространство между выпуклой и вогнутой поверхностями лопастей. В этом случае профиль рабочей лопасти оказывается в свободном потоке и для определения усилий на нем необходимо использовать выводы теории взаимодействия тонкого профиля и обтекающего его потока. Обтекающий поток, формируемый направляющим аппаратом турбины имеет очень сложную структуру. Это – закрученный поток в пространстве осевой турбины с очень большим осевым зазором (расстоянием между выходными кромками направляющего аппарата и входными кромками рабочих лопастей). Для расчета параметров этого потока в сечении перед входными кромками рабочих лопастей использовалась методика, изложенная в монографии Дейча М. Е. «Техническая газодинамика».

В результате оценочных расчетов с использованием теории тонкого профиля (дужки) и определении параметров закрученного потока в произвольном сечении были получены размеры рабочей лопасти осевой турбины микро ГЭС, углы ее установки и величина прогиба при напоре $H=5\text{ м}$ и расходе воды через турбину $Q=2,6\text{ м}^3/\text{с}$.

СХЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЯ НА ЛОПАСТИ РОТОРА ПРОПЕЛЛЕРНОЙ ТУРБИНЫ МИКРО- ГЭС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗКАХ.

Анненкова О.С. – студент, Юренков В.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В гидротурбинах для небольших напоров, к которым можно отнести и гидравлическую турбину микро-ГЭС осевого типа, используются для рабочего аппарата решетки с малым углом поворота, которые имеют большой относительный шаг $t=t/b$ (здесь использованы обозначения, принятые в литературе по турбинам). При расчете таких решеток канальный метод для определения необходимых геометрических и режимных параметров можно применять только для направляющих аппаратов. Для рабочих аппаратов, у которых число лопастей мало ($z = 4$ для гидравлических турбин микро-ГЭС) канальный метод для определения геометрических и режимных параметров неприменим. В специальной литературе по этому вопросу информация отсутствует. В связи с этим на кафедре ТГиВВ в АлтГТУ была разработана методика по оценке усилия, возникающего на лопасти гидравлической турбины микро- ГЭС небольшой мощности $\sim 5\text{ кВт}$.

В расчетной методике были использованы следующие гипотезы:

1. рабочая лопасть есть тонкий профиль (дужка) работающий в неограниченном потоке;

2.поток, которым обтекается тонкий профиль (слегка изогнутая пластина) является закрученным, параметры закрученного потока формируются направляющим аппаратом;
3.в осевом зазоре, то есть в пространстве между выходными кромками направляющего аппарата и входными кромками рабочего аппарата, закрученный поток деформируется из-за сил трения, для определения которых на кафедре был разработан алгоритм расчета, в основу которого положены идеи работы Г.Н. Абрамовича «Прикладная газовая динамика».
В результате работы были получены сведения о влиянии числа лопастей ротора осевой гидравлической турбины малых размеров на мощность турбины. Произведена оценка влияния уменьшения числа лопастей (с четырех до трех) на КПД турбины.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГРАФИИ И ГИДРОЛОГИИ РЕК АЛТАЯ

Лопатин А.А. – студент, Лысенко А.С. – доцент, Иванов В.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Огромная территория Западной Сибири гидрографически представляет собой единое целое. Ее реки полностью принадлежат бассейну Оби. Это величайший из речных бассейнов России, охватывающий площадь около 3 млн. км².

Гидрографию этого обширного района целесообразно рассматривать отдельно по двум характерным физико-географическим подрайонам: Горному Алтаю и Западно-Сибирской низменности; необходимость эта диктуется главным образом тем, что условия формирования стока, характер речной сети и водный режим рек этих подрайонов имеют существенные различия и особенности.

Горный Алтай является областью интенсивного питания Оби. На фоне примыкающих к нему равнин Алтай рельефно выделяется не только своим горным характером, но и густой речной сетью. Здесь зарождаются истоки Оби - реки Бия и Катунь, к бассейнам которых принадлежит большинство рек Алтая, за исключением водотоков западной его части, относящихся к бассейну Иртыша (реки Кальджир, Бухтарма, Ульба и др.). Катунь - левая составляющая Оби - берет начало на южном склоне горы Белухи; огибая ее, она описывает почти круг. От устья Аргута Катунь резко поворачивает и направляется прямо на север, на 665 км от истока она сливается с Бией недалеко от г. Бийска. Площадь водосбора составляет 60900 км².

Река имеет горный характер течения; ее долина глубоко врезана, а русло изобилует порогами и небольшими водопадами. Только в нижнем течении уклоны русла уменьшаются и течение становится более спокойным. Судоходство возможно лишь на протяжении 90 км вверх от устья. Катунь отличается значительной водностью. Средний годовой расход воды ее равен 630 м³ /сек, а модуль стока - 10,3 л/сек км². Относительная водоносность реки все же несколько ниже Бии; это объясняется тем, что в ее бассейн включаются обширные высокогорные степные пространства, характеризующиеся сравнительно малым поверхностным стоком. Главные притоки Катунь - Чуя и Аргут.

Бия - правая составляющая Оби; она вытекает из крупнейшего водоема Алтая - Телецкого озера. По своей длине (306 км, считая от места выхода из Телецкого озера) и площади водосбора, равной 37000 км², Бия значительно уступает Катунь. Так же как Катунь, она в верхнем течении носит горный характер, а в нижнем становится более спокойной, здесь она доступна для судоходства на протяжении 205 км выше г. Бийска. Средний годовой расход воды реки равен 480 м³ /сек (модуль стока 13,0 л/сек км²)

С западных склонов Алтая стекает значительное количество рек, принадлежащих бассейну Иртыша. Среди них наиболее крупными являются Бухтарма, Ульба и Уба. Реки эти носят горный характер; уклоны их велики, а долины имеют вид ущелий. Бассейны рек расположены на западных, обильно орошаемых осадками склонах Алтая, поэтому реки отличаются высокой относительной водностью: модули стока колеблются от 15 до 25 л/сек км². К числу крупных рек Алтая принадлежат также Ануй и Чарыш, стекающие с его северных отрогов и непосредственно впадающие в Обь

Ниже слияния Бии и Катунь Обь принимает ряд больших притоков, стекающих со склонов Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау. В их числе Чумыш, Томь и Чулым. Первое место среди этих рек по площади водосбора занимает Чулым, а по водности -Томь, хотя по площади водосбора она примерно в 2 раза меньше Чулыма.

Таблица. Основные сведения о реках Чумыше, Томи и Чулыме

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км ²	Годовой расход воды, м ³ /сек
Чумыш	580	23400	-
Томь	810	61200	1200
Чулым	1730	131000	750

Чулым и Чумыш в значительной части течения представляют собой степные, относительно маловодные реки, и только верховья их находятся в горной области Салаира и отрогах Кузнецкого Алатау. В противоположность им, Томь, бассейн которой расположен между Салаирским кряжем и Кузнецким Алатау, носит преимущественно горный характер. Лишь ниже г. Томска, на участке нижнего течения, уклоны ее уменьшаются и долина становится широкой.

Водный режим Томи аналогичен режиму других алтайских рек. Для реки характерно весеннее половодье, состоящее из ряда волн, формирующихся за счет вод от таяния снега в горах; максимум стока наблюдается примерно в середине мая. Томь имеет очень высокий годовой модуль стока - около 20 л/сек км², что является рекордной величиной в отношении других рек России с такими площадями водосборов. На реке наблюдаются мощные заторы льда в периоды весеннего половодья, которые особенно значительны в районе г. Томска; происходят они преимущественно вследствие более позднего вскрытия реки в низовьях по сравнению со средним ее течением.

Реки Алтая имеют следующие общие черты. Они представляют собой типичные горные потоки, имеющие большие падения, нередко достигающие 50-60 м/км; их русла изобилуют порогами и перепадами, иногда встречаются и водопады.

Вследствие господствующего широтного направления хребтов, реки на значительных по длине участках имеют поперечные долины. Примером может служить р. Аргут, прерывающаяся между Катуньским и Чуйским хребтами в ущелье глубиной до 2000 м. В зависимости от положения бассейна в системе гор, продольные профили рек имеют вогнутую или выпуклую форму. Первая характерна для рек, стекающих с хребтов с резко очерченными формами, напоминающими альпийские; к этим рекам относятся Катунь, Бухтарма, Чарыш и др. Вторая форма профилей типична для рек, стекающих с платообразных возвышенностей; к их числу принадлежат реки Сары-Кокша, Пыжа и др. В верховьях такие реки текут как бы по равнине, высоко приподнятой над уровнем моря; здесь уклоны их невелики, а берега нередко заболочены. В среднем течении они глубоко врезаются в плато, уклоны увеличиваются, течение их принимает горный характер; в низовьях уклоны рек снова уменьшаются и течение их становится более спокойным. Большое количество осадков и горный характер рельефа создают благоприятные условия для поверхностного стока, поэтому реки обладают здесь высокой водностью. Особенно водоносными являются реки западной части Алтая, бассейны которых расположены на пути влагоносных ветров, дующих с запада. Относительная водоносность рек здесь достигает 15-25 л/сек км², а местами (верховья Катунь) -до 56 л/сек км². Реки центральных районов Алтая (плоскогорья Чулышманское и Укок) отличаются сравнительно низкой водностью. Питание рек смешанное; в нем принимают участие: сезонные снега, высокогорные снежники и ледники, а также осадки от дождей и грунтовые воды. Среди других видов питания преобладающим является снеговое, осуществляющееся главным образом за счет таяния сезонных снегов. В качестве примера может быть приведено распределение стока по источникам питания для реки Бии, где доля снегового питания составляет 40%, ледникового -22%, дождевого - 19% и грунтового - 15% от годового объема стока. Только в самых

высокогорных районах Алтая есть малые реки, которые имеют преимущественно ледниковое питание. С увеличением высоты бассейна, как правило, возрастает значение снегового и ледникового питания, а доля грунтового питания, наоборот, уменьшается. Для режима большинства рек Алтая характерно следующее:

- 1) сравнительно невысокое весеннее половодье, растянутое до первой половины лета по причине разновременного поступления талых вод из разных высотных зон; на основную волну весеннего половодья накладываются также и паводки от дождей;
- 2) слабо выраженная летняя межень, часто прерываемая дождевыми паводками, которые по высоте уступают весеннему половодью;
- 3) наименьшая водность в зимний период.

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНВЕКТИВНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВОЛОКНИСТОЙ И ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ.

Ельченинова Е.А. – аспирант, Николаев А.М. – к.т.н. доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Для оценки производительности сушильных установок для получения нетканых материалов с волокнистой и пористой структурой ключевое значение имеет продолжительность сушки полотна на ленте транспортера. Зная продолжительность сушки материала можно определить скорость движения полотна, а значит производительность сушильной установки по готовому продукту. Продолжительность сушки материала определяют на модельной установке. Приближенную оценку продолжительности сушки можно дать из соотношения (в ч):

$$\tau = \frac{\omega_n - \omega_p}{N} + \frac{0,56 \omega_n}{N} \left[1 + 2,3 \lg \frac{1,8(\omega_n - \omega_p)}{\omega_n} \right],$$

где ω_n – начальная влажность материала, %; ω_p – равновесная влажность материала, %; N – скорость сушки материала в период постоянной скорости, %/ч.

$$N = \frac{mS}{\rho_{с.м} V},$$

S – поверхность материала на ленте, м²; V – объем материала на ленте, м³; $\rho_{с.м}$ – плотность сухого материала, кг/м³; m – интенсивность испарения влаги с поверхности материала, кг/(м² · ч);

$$m = Nu^1 \frac{D_p}{d} (p_n - p_c) \frac{10^5}{B},$$

D_p – коэффициент диффузии влаги в воздухе, (кг/м · ч · Па); d – толщина высушиваемого полотна, м; p_n – парциальное давление водяного пара у поверхности испарения, Па; p_c – парциальное давление водяного пара в окружающей среде, Па; B – барометрическое давление, Па; Nu^1 – диффузионный критерий Нуссельта;

$$Nu^1 = \frac{\beta}{D_p} d,$$

β – коэффициент массопереноса, кг/(м² · ч · Па);

$$Nu^1 = A Re^n Pr^{0,33} Gu^{0,135}$$

$$Re = \frac{vd}{\nu},$$

v – скорость движения воздуха, м/с; ν – кинематическая вязкость воздуха, м²/с; Pr – число Прандтля (для воздуха 0,73), Gu – число Гухмана;

$$Gu = \frac{t_1 - t_{м.м}}{t_1},$$

$t_{м.т}$ - температура воздуха, поступающего в сушилку, по мокрому термометру, °С; А и n – постоянные, зависящие от числа Re (Сажин Б.С., Бакластов А.М.).

При оценке продолжительности сушки по экспериментальным данным, полученным на модельной установке, предварительно рассчитывают коэффициент сушки К, выражаемый количеством влаги, испаряемой в единицу времени единицей массы материала (в пересчете на сырую массу его), 1/ч. Тогда продолжительность сушки в период постоянной скорости (в ч)

$$\tau_1 = \frac{1}{K} (U_n - U_{кр})$$

а в период падающей скорости (в ч)

$$\tau_2 = \frac{U_{кр} - U_p}{K} 2,3 \cdot g \frac{U_{кр} - U_p}{U_k - U_p},$$

где $U_{кр}$ и U_p - соответственно критическое и равновесное влагосодержание материала.

Общая продолжительность сушки (в ч)

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

При известной продолжительности сушки и длине сушилки можно определить скорость движения ленты (в м/с)

$$u_n = \frac{l}{3600 \tau}$$

МОБИЛЬНАЯ БЕРЕГОВАЯ МИКРО-ГЭС

Завьялов Д.А. – аспирант, Климова Н.С. – студент, Иванов В.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Изобретение относится к гидроэнергетике и может быть использовано для преобразования энергии малых потоков воды с небольшими расходами и напорами в электроэнергию.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату является устройство для преобразования энергии воды в электроэнергию, содержащее водяное колесо из жестко соединенных барабана, боковых стенок, лопаток и ступицы, жестко скрепленной спицами с барабаном, соединенное механической передачей посредством редуктора с электрогенератором, подшипниковые узлы, опоры, водоподводящую и водоотводящую системы и снабжено водоудерживающим элементом.

Недостатком описанного устройства является то, что для получения высокого коэффициента полезного действия (КПД), необходим высокий перепад верхнего и нижнего уровня, что достигается за счет создания напорной деривации, вследствие чего увеличивается стоимость установки малой ГЭС, а также сложность эксплуатации вследствие использования электрогенератора.

Предлагаемым изобретением решается задача быстрого перемещения береговой ГЭС на рабочее место и удобства эксплуатации.

Береговая ГЭС содержит водяное колесо из жестко соединенных барабана, боковых стенок, лопаток, загнутых против течения, и ступицы, жестко скрепленной спицами с барабаном, две опоры, связанные подъемным тросом с подвижным автоприцепом через установленную мачту, концентратор, выполненный из стальных листов, установленный внизу и с боков водяного колеса, закрепленный на опоре, и расположенный своей широкой частью в сторону рабочей части водяного колеса, секционный вал, состоящий из нескольких трубных секций, в каждой из которых находится вал, установленный на подшипниковых опорах и соединяемый с валом в другой секции с помощью втулки и шлицевого соединения, выходной конец секционного вала соединяется с входным валом редуктора с помощью

кулисного механизма, для передачи крутящего момента в нескольких положениях, электрогенератор, при этом каждая из лопаток водяного колеса выполнена в виде пластины из двух частей, угол между которыми равен $120-140^\circ$, а отношение длины одной части пластины к длине другой части, закрепленной на барабане, равно $1/1,5-1/2,0$, с углом к касательной в месте контакта пластины и барабана, равным $25-45^\circ$. Количество лопаток выбрано с учетом того, что расстояние между ними по внешнему диаметру боковых стенок равно $0,25-0,35$ м, причем водяное колесо посредством ступицы и шпонки находится на одном из валов секционного вала, а в качестве электрогенератора использован асинхронный двигатель, связанный с системой автоматического управления БАУЭН-1, установленные на подвижной тележке с мачтой.

Таким образом, предлагаемое устройство обладает высоким КПД, надежно и удобно в эксплуатации, имеет длительный срок использования, не требует присутствия квалифицированного персонала и может быть использовано для энергоснабжения удаленных автономных потребителей, при этом просто в изготовлении, может быть выполнено из металла или дерева в любой мастерской без применения дорогостоящего оборудования и работать при различных напорах от $0,5$ м и более. Быстрое перемещение береговой ГЭС обеспечивается за счет того, что редуктор, асинхронный двигатель, блок автоматического управления, мачта и подъемная лебедка находятся на подвижной тележке, а секционный вал с водяным колесом разбирается и монтируется с помощью подвижной лебедки, за достаточно короткий срок.

МИКРО-ГЭС НА БАЗЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ОБЪЕМНОГО ВЫТЕСНЕНИЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ РЕДУКТОРОМ

Мещерякова В.А. – аспирант, Сыркина Е.А. – студент, Клейн Г.О. – уч. мастер,
Иванов В.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для энергоснабжения предприятий сельского хозяйства и малого бизнеса, расположенных в труднодоступных и горных районах кафедрой «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение» (ТГиВВ) разрабатывается микро-ГЭС, где в качестве гидродвигателя используется гидравлическая машина объемного вытеснения (ГМОВ).

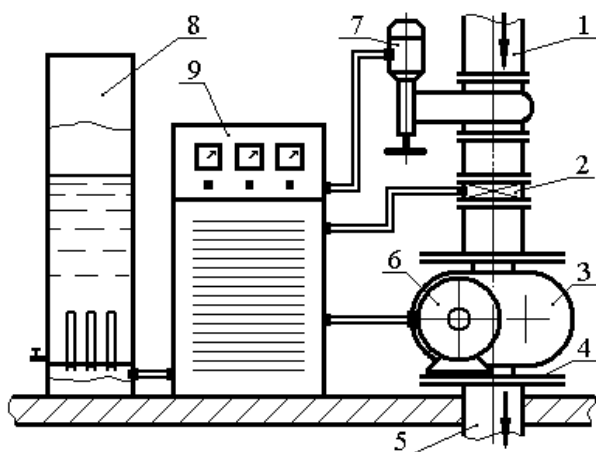


Рисунок 1 – Схема разрабатываемой микро-ГЭС на базе ГМОВ

На рисунке 1 приведена схема разрабатываемой микро-ГЭС.

Особенностью конструкции данной микро-ГЭС является использование ГМОВ 3 с дополнительным редуктором. Это даёт возможность компактно установить электрогенератор 6 и ГМОВ на одном установочном фланце 4 без дополнительных устройств, повышающих скорость вращения.

Вода по водоподводящей системе 1 подаётся в ГМОВ, где энергия воды преобразуется в механическую энергию вращения, затем поступает в водоотводящую систему 5. Крутящий момент передаётся на выходную ось ГМОВ, затем на вал электрогенератора, преобразующего

механическую энергию вращения в электрическую. В качестве электрогенератора может быть применён трёхфазный асинхронный двигатель общепромышленного использования.

Возникающее при работе электрогенератора напряжение поступает на разработанный [1] блок автоматического управления 9, который связан с балластной нагрузкой 8 и поддерживает электрические параметры в стандартных пределах для потребителя. С

помощью электрического расходомера 2 и задвижки 7 с электроприводом, установленными на водоподводящей системе, блок автоматического управления осуществляет регулирование расхода воды. При изменении потребительской нагрузки и при аварийном режиме работы изменяется или прекращается подача воды. В качестве балластной нагрузки может использоваться трехфазный водяной электродвигатель.

Достоинствами микро-ГЭС являются возможность использования её с напорными водоподводящей и водоотводящей системами и наличие автоматического регулирования расхода воды, расширяющие сферу использования и повышающие экономичность работы.

Литература

1. Свит П.П. Низконапорные микро-ГЭС с автобалластным регулированием. Сфера эффективного применения, расчёт, конструирование и эксплуатация: монография / П.П. Свит, Б.В. Сёмкин, В.М. Иванов, Т.Ю. Родивилина; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – 160 с.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ МАШИНА ОБЪЕМНОГО ВЫТЕСНЕНИЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ РЕДУКТОРОМ ДЛЯ МИКРО-ГЭС

Завьялов Д.А. – аспирант, Полковникова А.А. – студент, Клейн Г.О. – уч. мастер,
Иванова Т.Ю. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Кафедрой «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение» (ТГиВВ) для использования в микро-ГЭС в качестве гидравлического двигателя разрабатывается гидравлическая машина объемного вытеснения (ГМОВ) с дополнительным редуктором (рисунок 1).

Корпус 8 ГМОВ это два обращенных один к другому параллельных сообщающихся цилиндрических элемента 12 и 15 с входным и выходным отверстиями и закрытые с торцов крышками 10 и 6. Вне корпуса установлен редуктор 7, оси шестерен 5 и 2 которого кинематически связаны с вращающимися поршнями, образующими с внутренними поверхностями корпуса замкнутые полости с изменяемыми объемами, периодически соединяющиеся с входным и выходным отверстиями, соответственно для впуска и выпуска рабочего тела (воды). Поршни соединены с цилиндрическими втулками 13 и 14. Каждая втулка помещена во внутрь своего цилиндрического элемента. Повышающий дополнительный редуктор 4 расположен в наружном корпусе 1 вместе с корпусом 8 и редуктором 7.

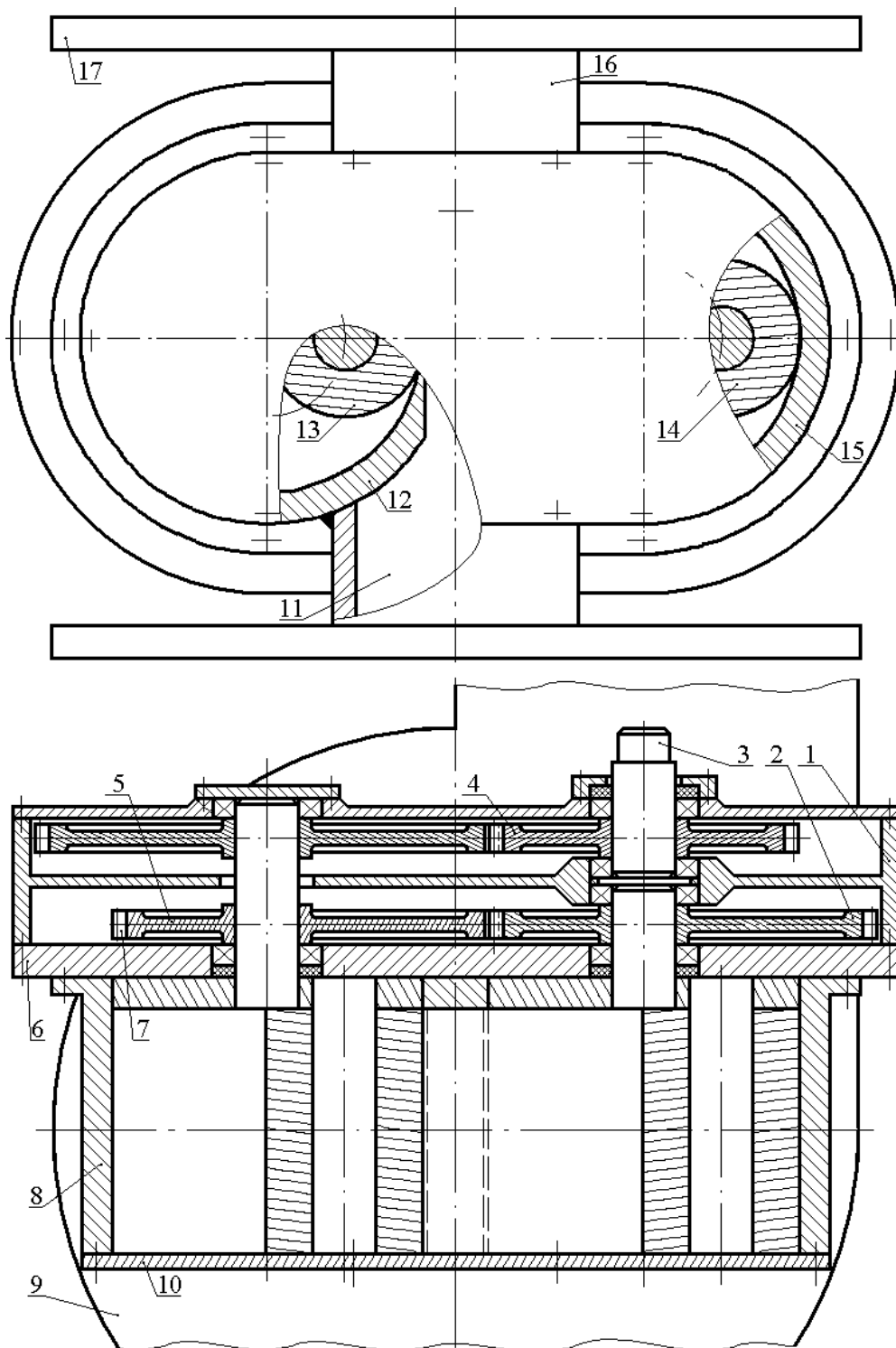


Рисунок 1 – Разрабатываемая ГМОВ с дополнительным редуктором

Кафедрой «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение, водоотведение» (ТГиВВ) для использования в микро-ГЭС в качестве гидравлического двигателя разрабатывается гидравлическая машина объемного вытеснения (ГМОВ) с дополнительным редуктором (рисунок 1).

Корпус 8 ГМОВ это два обращенных один к другому параллельных сообщающихся цилиндрических элемента 12 и 15 с входным и выходным отверстиями и закрытые с торцов крышками 10 и 6. Вне корпуса установлен редуктор 7, оси шестерен 5 и 2 которого кинематически связаны с вращающимися поршнями, образующими с внутренними поверхностями корпуса замкнутые полости с изменяемыми объемами, периодически соединяющиеся с входным и выходным отверстиями, соответственно для впуска и выпуска рабочего тела (воды). Поршни соединены с цилиндрическими втулками 13 и 14. Каждая

штука помещена во внутрь своего цилиндрического элемента. Повышающий дополнительный редуктор 4 расположен в наружном корпусе 1 вместе с корпусом 8 и редуктором 7.

В режиме гидравлического двигателя у ГМОВ под воздействием рабочего тела приводятся во вращательное движение поршни, совершающие 8-ми образный рабочий ход. Создаваемый при этом крутящий момент передается на выходную ось 3 дополнительного редуктора, соединённую с валом электрогенератора.

Наличие дополнительного редуктора даёт возможность компактно установить электрогенератор и ГМОВ на одном установочном фланце 9 выходного патрубка 11 без дополнительных устройств, повышающих скорость вращения. Этот фланец и также установочный фланец 17 на входном патрубке 16 позволяют присоединить ГМОВ для подвода и отвода воды к водоподводящей и водоотводящей системам, которые могут быть напорными.

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Ковалевич В.В. – студент, Корнева Т.П. – студент, Бокань Т.Н. – студент,
Степанова П.В. – доцент, Бахтина И.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При решении проблем охраны окружающей среды все большую актуальность приобретают вопросы рационального использования природных ресурсов, а именно переработка отходов, образующихся на очистных сооружениях канализации (ОСК), для получения биогаза и ценного органоминерального удобрения. Осадки городских сточных вод универсальны: помимо биогенных элементов (азота, фосфора и серы), они обогащены микро и макроэлементами. Внесение удобрений из осадков ОСК увеличивает урожайность возделываемых культур в 1,5-2,5 раза, повышает производительность пашни на 8-10%, улучшает водный и воздушный режимы почвы.

Сырые осадки сточных вод имеют высокую влажность (96–99 %), не стабильны, обсеменены яйцами гельминтов и другими патогенными микроорганизмами, поэтому их можно использовать в качестве удобрения только после комплексной обработки: сбраживания, обеззараживания и обезвоживания. В нашей стране, как правило, осадки подвергаются комплексной обработке на ОСК крупных городов. Причем стабилизация, обеззараживание и обезвоживание осадков решается в несколько стадий. Вначале осадки сгущают, затем подвергают аэробной или анаэробной обработке, после этого обезвоживают и обеззараживают. В крайне редких случаях осадки перед использованием в качестве органоминерального удобрения обезвреживают. Для каждого из перечисленных процессов предусматриваются специальные узлы, в состав которых входят сооружения, оборудование, подводящие и отводящие коммуникации, система КИПиА.

В Нидерландах в удобрения перерабатывают более 45% годового объема образующихся осадков сточных вод, в Австрии и Бельгии – более 35%. В России на ОСК ежегодно образуются более 85 млн. м³ осадков, из этого объема перерабатывается в органоминеральные удобрения всего лишь 5-7%.

На большинстве ОСК РФ чаще всего решается только одна из указанных технологических операций - обезвоживание, реже осуществляется стабилизация в метантенках, работающих в мезофильном режиме, с последующим обезвоживанием. Эффективное обеззараживание осадков практически нигде не производится. Такие осадки складываются на иловых площадках, загрязняя поймы рек, и способствуя не только отчуждению территорий сельскохозяйственного назначения, но и повышению рисков возникновения эпидемиологических очагов.

Более сложная ситуация складывается при организации систем водоотведения малых объектов (коттеджи, кемпинги, туристические комплексы и фермерские хозяйства). В лучшем случае для очистки стоков таких объектов применяют компактные установки, в

большинстве которых не предусмотрена комплексная обработка осадка. По существу, на сегодня в мировой практике очистки сточных вод от малых объектов отсутствуют компактные сооружения или оборудование, предназначенные для комплексной обработки осадков.

Настоящая работа посвящена изучению процессов стабилизации, обезвоживания и обеззараживания осадка, которые совмещены в одном аппарате. Для достижения поставленной цели была создана и смонтирована экспериментальная установка (фото), проведены большие серии экспериментальных исследований по возможности комплексной обработки осадков сточных вод.



Фото 1 – Экспериментальная установка комплексной обработки осадков сточных вод.

Эксперимент заключался в следующем. Смесь сырого осадка и уплотненного активного ила функционирующих ОСК г. Барнаул обрабатывали овицидным препаратом «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ». Затем ее помещали в отдельно стоящую камеру предварительного сбраживания, где протекала кислая стадия брожения в течение 8-10 суток. Первые 3-4 суток осуществлялся постепенный нагрев осадка до температуры 32-35⁰С, которую далее поддерживали постоянной. После завершения кислой стадии брожения смесь обрабатывали флокулянт «Zetag» (доза 6-7 г на кг сухого вещества), и перегружали в установку где осуществлялась щелочная стадия брожения (7-15 сут.). Установка работала в двух режимах: при создании вакуума под фильтрующим элементом (300-500 мм рт. ст.) и без него. В ходе всего эксперимента проводился замер образующегося газа, по объему которого судили об интенсивности процесса сбраживания.

Аналізу подвергались как сбраживаемая смесь, так и образующийся фильтрат.

В качестве основных контролируемых показателей были приняты влажность, зольность, удельное сопротивление, наличие яиц гельминтов, их видовой состав и жизнеспособность.

Качество фильтрата оценивалось по ХПК, БПК, рН, перманганатной окисляемости, ЛЖК, щелочности, концентрации азота аммонийного, фосфора, сульфатов, плотного и прокаленного остатков, взвешенные вещества.

Было проведено четыре серии экспериментов при разных условиях обработки осадка. По результатам экспериментальных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Исследуемые осадки очистных сооружений канализации г.Барнаул были обсеменены яйцами гельминтов (75-95 шт на г сухого вещества осадка).

2. Исследования показали возможность совмещения в одном аппарате трех процессов: стабилизации, обеззараживания и обезвоживания. Обработку осадка необходимо осуществлять в анаэробных условиях при мезофильном режиме. Процесс обезвоживания наиболее интенсивно протекает при создании вакуума в накопительной емкости фильтрата 250-450 мм рт. ст.

3. Подобраны дозы флокулянта «Zetag» (6-7 г на кг сухого вещества осадка) и овицидного препарата «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» (0,04-0,05 г на кг сухого вещества осадка), обеспечивающие получение после комплексной обработки стабильного, безопасного в санитарно паразитологическом отношении и высокоэффективного органоминерального удобрения.

4. Предлагается конструкция аппарата, предназначенного для комплексной обработки осадка, предусматривающей сбраживание, обезвоживание и обеззараживание осадков хозяйственно-фекальных сточных вод.

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КИПРИНСКОГО МАСЛОСЫРЗАВОДА

Марширова Г.В. – студент, Иванова Т.А. – студент,
Ильиных С.В. – студент, Бахтина И.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Каждое предприятие должно быть экономически рентабельным. В связи с этим в последние годы все больше в центре внимания оказывается тема оплаты за спуск сточных вод в систему городской канализации и затрат на утилизацию отходов. На предприятиях, расположенных в малых и средних населенных пунктах, где, как правило, отсутствует система централизованного водоотведения, возникает проблема сброса и утилизации производственных сточных вод. Данная проблема может быть решена устройством локальных эффективных систем очистки сточных вод предприятий.

Производственные сточные воды характеризуются следующими параметрами: ХПК, БПК, жиром и взвешенными частицами. Эти параметры определяют размер оплаты на спуск сточных вод и отчисления за сильное загрязнение. Сточные воды предприятий пищевой промышленности, и в частности, предприятий молочной промышленности, разнообразны как по компонентному составу, так и по концентрации, и представляют собой сложную физико-химическую систему, в которой наряду с растворенными веществами содержатся частицы различной степени дисперсности. Размер частиц колеблется в широких пределах (от 10^{-9} до 10^{-2} м), при этом основные компоненты это различные органические и жировые соединения, а также минеральные вещества (азот и фосфор). Загрязнения сточных вод предприятий молочной промышленности представляют собой полноценные, легко усвояемые микроорганизмами источники питания и энергии, что определяет целесообразность использования биохимических методов очистки таких стоков.

При разработке универсальной схемы, позволяющей учитывать не только очистку сточных вод, но и утилизацию отходов, должны учитываться следующие основные принципы:

- 1) уменьшение сточных вод с производства;
- 2) эффективная очистка сточных вод с производства;
- 3) сокращение объема утилизации полученного флотационного шлама, биологического шлама и осадка при помощи уплотнения или обезвоживания и сушки;
- 4) обеспечение способов утилизации, например, направлять флотационный шлам в биоферментацию.

На основе анализа существующих схем и оборудования для очистки стоков молочных заводов нами предложена технологическая схема очистки сточных вод Кипринского маслосырзавода, которая включает в себя следующие основные сооружения: жируловитель, усреднитель, декантатор, сооружения биологической очистки.

Жируловитель предназначен для улавливания и удаления неэмульгированных жиров, масел и взвешенных веществ из сточных вод. Образовавшаяся жиромасса удаляется в контейнер для жира и периодически вывозится на утилизацию ассенизационной машиной в места, согласованные с местными экологическими службами; осадок по мере его накопления в приемках удаляется по лотку в накопитель шлама. Из жируловителя сточная вода отводится в усреднитель и далее на флотатор. Пена удаляется в декантатор на отстаивание.

После отстаивания вода возвращается в голову очистных сооружений, а шлам периодически удаляется и вывозится на утилизацию. Пройдя физико-химическую очистку, сточная вода отводится на биологическую доочистку.

Для биологической очистки предложена установка «БИО». Данная установка состоит из отстойника-усреднителя, денитрификатора, аэротенка с продлённой аэрацией и вторичного отстойника, блока доочистки на фильтрах и ультрафиолетового обеззараживания. Сточная вода попадает в отстойник - усреднитель. В усреднителе происходит смешение сточных вод различной концентрации, поступивших в течение периода колебания концентраций. При этом концентрации загрязнений выравниваются за счет перемешивания сточной воды в усреднителе. Затем вода поступает в денитрификатор, где происходит смешение сточной воды с активным илом при отсутствии растворенного кислорода. Связанный кислород нитритов и нитратов под действием микроорганизмов расходуется для окисления органического вещества. В свою очередь пополнение микроорганизмов в денитрификаторе происходит за счет перекачивания эжектором избыточного активного ила из вторичных отстойников.

Далее сточная вода поступает в аэротенк с продленной аэрацией, где очистка осуществляется методом «полного окисления» органических загрязнений, как жидкой, так и твердой фаз в аэробных условиях (происходит насыщение кислородом). В этом случае нет необходимости строить отдельные сооружения для сбраживания осадка. Насыщение сточных вод кислородом осуществляется эжекторным аэратором.

Сточная вода поступает во вторичный отстойник, где происходит задержание активного ила, поступающего вместе с очищенной водой из аэротенка. На последней ступени очистки сточная вода попадает в блок фильтров (фильтр с плавающей загрузкой и сорбционный фильтр). На фильтре с плавающей загрузкой происходит задержание ила вынесенного из вторичного отстойника. Уловленный ил удаляется в результате обратной промывки фильтра в усреднитель. Фильтр с сорбционной загрузкой позволяет произвести доочистку сточной воды от растворенных органических примесей. Заключительным этапом биологической очистки на установке «БИО» является подача сточной воды на обеззараживающее устройство УОВ.

Предложенная схема позволит достичь качество очищенных сточных вод Кипринского маслозавода в соответствии с требованиями СанПиН.