

А. Н. Антоненко, В. В. Голдыбан

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labpotato@mail.ru*

К РАЗРАБОТКЕ ОБЪЕМНОГО НИЗКОНАПОРНОГО ОБРАТИМОГО ГИДРОАГРЕГАТА ДЛЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В статье приведено нетрадиционное революционное гидроэнергетическое оборудование, эффективно работающее в широком диапазоне изменения напора и расхода воды с высоким коэффициентом полезного действия гидроагрегата как в турбинных, так и насосных режимах.

Ключевые слова: объемная обратимая гидромашина, малая ГЭС, ротор, напор, разряжение.

A. N. Antonenko, V. V. Goldyban

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: labpotato@mail.ru*

TO THE DEVELOPMENT OF A SUBTLE LOW-PRESSURE REVERSIBLE HYDRO-AGREGATE FOR SMALL HYDRO ELECTRIC POWER PLANTS

The article presents an unconventional, revolutionary hydropower equipment, effectively operating in a wide range of changes in pressure and water flow with a high efficiency of the hydraulic unit, both in turbine and pump modes.

Keywords: volume reversible hydraulic machine, small hydroelectric station, rotor, head, discharge.

Введение

В последние годы в Республике Беларусь растет интерес к строительству малых гидроэлектростанций (ГЭС). Они свободны от ряда недостатков крупных ГЭС и являются одними из наиболее экономичных, а также экологически безопасных источников получения электроэнергии. В настоящее время среди возобновляемых источников энергии, гидроэнергетика относится к высокоэффективным экологически чистым источникам и играет важную роль в повышении надежности электроснабжения. Наряду с этим, гидроэлектростанции, кроме чисто энергетического назначения, несут и другие важные народнохозяйственные и социально-экономические функции (водоснабжения, орошения, судоходство, рыболовства и др.). Вместе с тем значительный интерес представляет использование гидроэнергетики для выравнивания графика нагрузок как для производства электроэнергии, в часы максимального потребления, так и для ее потребления в течение ночного провала суточного графика нагрузок. Одновременно с этим, малые гидроаккумулирующие гидроэлектростанции позволят существенно повысить эффективность функционирования строящейся Белорусской АЭС. Учитывая большой опыт использования энергии малых рек за рубежом, в частности в Китае, Франции, Японии и России, можно ожидать, что в перспективе, в обозримом будущем, роль гидроэнергетики в нашей стране существенно возрастет.

В целом задачу электроснабжения агропромышленного комплекса в рыночных условиях следует решать комплексно и, в ряде случаев, целесообразно сочетание централизованного электроснабжения от мощных энергосистем с развитием местной гидроэнергетики, являющейся одним из традиционных и перспективных возобновляемых источников энергии в сельской местности.

Описание конструкции объемного обратимого гидроагрегата

Исследования ведущих гидротехников показывают, что наряду с модернизацией известных типов гидротурбин, требуется одновременно и разработка принципиально новых типов гидроагрегатов, особенно в диапазоне низких и высоких напоров [1]. В целом проблема создания нового стандартного оборудования является важнейшей и от ее эффективного решения зависит успех развития малой гидроэнергетики и степень использование гидроэнергетического потенциала малых рек. Детальное изучение технической базы малых гидроэлектростанций показало, что дальнейшее совершенствование технологического оборудования необходимо осуществить на новом техническом уровне, а именно: использовать для преобразования потенциальной энергии воды объемные гидромашины с высоким, близким к 95% коэффициентом полезного действия (КПД). При этом объемная гидромашина является обратимой и при необходимости может быть использована как насос для пополнения запаса воды в водохранилище в течение ночного провала графика нагрузок, обеспечивая, тем самым, полезную нагрузку тепловых и атомных станций.

Основой разработки является роторная лопастная гидромашина, позволяющая в широком диапазоне изменения напора и расхода воды, обеспечить высокий КПД гидроагрегата в турбинных и насосных режимах, а также бесшумную работу и экологическую безопасность любой гидроэлектростанции. Конструктивно-роторная лопастная гидромашина может работать как на низких, так и высоких напорах с расходом воды одним гидроагрегатом до 20,0 м³/с. Для этих целей разработаны соответствующие конструктивные варианты исполнения гидромашин мощностью до 5 000 кВт. По конструкции гидромашин довольно проста и может быть изготовлена на небольшом машиностроительном предприятии. Роторная лопастная гидромашин (рис. 1) содержит корпус 1, внутренняя полость которого образована двумя цилиндрическими поверхностями равного радиуса R и торцовыми крышками. Внутри корпуса на валах, связанных между собой синхронизирующими шестернями, установлены два лопастные роторы 2 и 3 с возможностью вращения в разных направлениях. Первый ротор 2 опережает по фазе вращения второй ротор 3 на угол равный

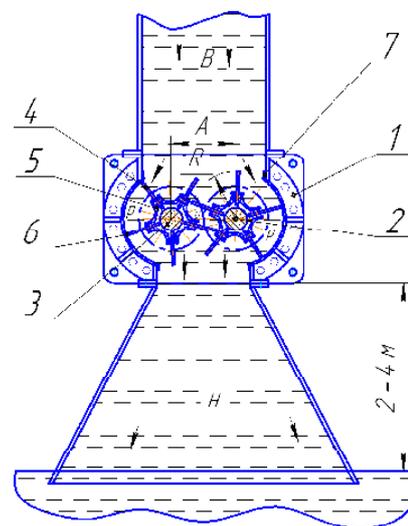
$$\varphi = 180/n$$

n – количество лопастей в роторе

Межосевое расстояние между роторами находится в пределах

$$A = 1,15 \dots 1,4 R$$

При этом центральный угол, соответствующий цилиндрической поверхности корпуса, больше, чем двугранный угол между лопастями. Опоры валов каждого ротора оборудованы стандартными самоустанавливающимися роликовыми подшипниками. Уплотнение подшипников не нуждаются в техническом обслуживании. К валу ротора крепится четыре или пять радиально направленных и равномерно расположенных *лопастей 4*. В основании лопастей выполнены углубления *замыкателей 5*, причем величина углубления выполнена такой, что в момент выхода лопасти одного ротора из зацепления с замыкателем другого, ближайшая лопасть этого ротора начинает взаимодействовать с замыкателем первого ротора наоборот, постоянно разделяя, таким образом, приемную и отдающую полости гидромашин. При этом при всех положениях *роторов 2 и 3* зазор между вершиной *лопасти 4* и поверхностью *замыкателя 5* остается постоянным. Вершина каждой *лопасти 4* снабжена высокопрочной *накладкой 6*,



A – межосевое расстояние
 B – напорная полость гидромашин
 H – отдающая полость гидроагрегата
 O – полость откачивающая воздух из отсасывающей трубы
 P – сектор между лопастями ротора
 R – наружный радиус лопасти ротора
 Рис. – Объемный низконапорный обратимый гидроагрегат

а входное и выходное окно – *противорежущими ножами 7*. Последние при взаимодействии с высокопрочными накладками *6* многократно измельчают различные водоросли и мусор, находящийся в воде, что предотвращает налипание волокон растений на цилиндрической поверхности корпуса *1* и замыкателей *5*. Такая эффективная очистка контактирующих поверхностей роторов и корпуса обеспечивает надежную и долговечную работу гидроагрегата.

Принцип работы гидромашины следующий. Вода из водохранилища под напором, превышающим давление в отдающей полости, подается в приемную полость гидромашины. В любой момент времени один из роторов находится в равновесии, а другой ротор, в то же время, работает как поворотный гидродвигатель и имеет одну *рабочую лопасть 4*, от которой в результате разности давлений в приемной и отдающей полостях образуется крутящий момент. *Роторы 2* и *3* начинают синхронно, за счет кинематической связи посредством синхронизирующих зубчатых колес, вращаться в разных направлениях, а *лопасти 4*, поочередно взаимодействуя с замыкателями *5* взаимодействующих роторов, постоянно перекрывают межосевое пространство и препятствуют свободному переливу воды из приемной в отдающую полость. При этом часть воды (20...40%) и газа, находящиеся в пространстве между *лопастями 4* и *замыкателями 5* в момент выхода вершины лопасти одного ротора из зацепления с замыкателями другого, переносятся из отсасывающей трубы обратно в приемную полость. Вследствие этого в отсасывающей трубе создается и всегда поддерживается давление ниже атмосферного и повышается мощность гидромашины. Следует отметить, что при взаимодействии вершины лопасти и замыкателя расстояния от линии их контакта до оси ротора постоянно изменяется, соответственно изменяется и крутящий момент на валу ротора. В результате этого, гидромашина в зависимости от взаимного расположения роторов имеет максимальное и минимальное значения крутящего момента. Чтобы получить более равномерный крутящий момент на валу гидромашины, применяют роторы с несколькими смещенными по фазе вращения и разделенными перегородками секциями. В этом случае, каждая последующая секция смещается по фазе на угол, равный

$$\gamma = 360/nm$$

где γ – угол смещения секций на роторе;

n – количество лопастей в роторе;

m – количество секций в одном роторе.

При необходимости с целью снижения нагрузки на зубья синхронизирующих шестерен каждый ротор соединяют с маховиком и отдельным генератором. Гидромашина вместе с генератором устанавливается на сухой платформе выше уровня нижнего бьефа на 2...5 м. Вода к гидромашинам подводится по специальным напорным водоводам с газоотводными вертикальными трубопроводами (не показаны) для перепуска воздуха из напорной полости в атмосферу.

Отсасывающая труба или воронка герметично присоединяется к выходному окну гидромашины. В отсасывающей воронке скорость потока воды снижается до естественной скорости воды в реке. При снижении скорости движущегося потока изменяется и кинетическая энергия воды, что приводит к образованию в отсасывающей трубе разряжения и увеличению крутящего момента на валу гидромашины. Таким образом, отработавшая вода, покидающая гидроагрегат не имеет никакой потенциальной или кинетической энергии. Вся накопленная и аккумулированная в водохранилище энергия воды трансформируется в механическую работу гидроагрегата и генерируется в электроэнергию. Без всяких энергетических уравнений и научных теорий очевидно; чем ниже скорость отработанной воды, покидающей гидроагрегат – тем совершеннее гидроагрегат и больше электроэнергии будет получено на любой гидроэлектростанции. Интересно отметить, что вода, сходящая с лопастей турбин, установленных на ГЭС Сибири, имеет такую скорость и энергию, что в лютые морозы не замерзает на участке реки 40 км ниже ГЭС. Следовательно, использование в гидросиловом оборудовании вместо динамических турбин, предлагаемых объемных гидромашин, позволит увеличить выработку электроэнергии на существующих ГЭС, по меньшей мере, в 2–4 раза.

Заклучение

Предлагаемая лопастная гидромашина является новым видом роторных объемных гидромашин и не имеет аналогов в мире. Она защищена патентами на изобретение Республики Беларусь № 3161, № 5228, №12278, № 14939. Гидромашина, при постоянном напоре на различных расходах воды, имеет практически постоянный крутящий момент и КПД, что позволяет посредством механической передачи изменить частоту вращения роторов в зависимости от нагрузки генератора и рационально использовать фактически теоретический гидроэнергетический потенциал водохранилища. Роторы этого гидроагрегата имеют простые по форме лопастные системы. Выполнены расчетные исследования по энергетическим характеристикам низконапорного гидроагрегата. Разработана конструкторская документация опытного образца гидроагрегата.

Применение предлагаемой конструкции гидросилового оборудования в малой гидроэнергетике позволит повысить степень использования гидроэнергетического потенциала малых рек, увеличить техническую, экономически выгодную в освоении полезную часть гидроэнергетических ресурсов и обеспечить эффективное выравнивание графика нагрузок на атомной электростанции.

Список использованных источников

1. Николаенко, Ю. Н. Разработка низконапорных гидроагрегатов для малых ГЭС / Ю. И. Николаенко, В. В. Макаров, А. В. Тарасов // Труды МНТК «Гидравлические машины, гидропривод и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития». – С-Пб, Изд-во СПбГПУ, 2008. – С. 20-28.

УДК 631.312.69

Поступила в редакцию 11.09.2019
Received 11.09.2019

Н. Д. Лепешкин, П. П. Бегун

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: himvsh@mail.ru*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЛУЩИЛЬНИКА ДИСКОВОГО РОМБОВИДНОГО ЛДР-9

В статье представлено устройство и работа нового дискового луцильника ЛДР-9 с уникальными рабочими органами, расположенными на нем в виде ромба, описаны его преимущества. Приведена его техническая характеристика и результаты приемочных испытаний.

Ключевые слова: луцильник, лушение стерни, обработка почвы, сферический диск.

N. D. Lepeshkin, P. P. Begun

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: himvsh@mail.ru*

NEW DIRECTION IN THE MECHANIZATION OF THE DELETION OF THE FERTILIZER FROM THE SITES OF DAIRY-COMMERCIAL FARMS AND COMPLEXES

The article discusses the problem of removal of manure from dairy farms and complexes, analyzes the existing technical means for removing manure and suggests a new way to solve the problem in question, by developing a multifunctional unit capable of removing from the premises not only manure, but also to remove the remains of fodder from the fodder tables, pre-farm paddock fields with a hard surface.