

BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 1991-3494

Volume 1, Number 359 (2016), 69 – 74

NEW DESIGN LOW-PRESSURE HYDRO-TURBINES FOR SMALL HYDRO POWER STATION

M. B. Koshumbaev, P. A. Kvasov

Kazakh Scientific Research Institute of Power after Academician SH.CH. Chokina, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: ptrk77@mail.ru

Keywords: new construction, turbine, low-pressure energy, small hydroelectric power station.

Annotation. There was offered a new design of hydraulic turbine for small hydropower plants dispose of low-pressure water energy, including dams and the fused prevents unwanted flooding areas upstream. The proposed construction of low head hydro turbine eliminates vibration, force flow impact on the blade; there is no console at fixing voltage sensing elements. Existing design low head hydro turbines can only be used in open canals and conduits, which should not be applied to the pressure and pressure pipelines. The new design of the turbine can be used not only in the main canals, small rivers, also can be used in non-pressure and pressure pipes. Therefore, its innovative technical characteristics will allow to expand the range of potential customers, among them could be the companies supplying water through trunk pipelines.

УДК 631.7.627.834

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ГИДРОТУРБИНЫ ДЛЯ НИЗКОНАПОРНОЙ МАЛОЙ ГЭС

М. Б. Кошумбаев, П. А. Квасов

Казахский научно исследовательский институт энергетики им. академика Ш. Ч. Чокина, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: новая конструкция, гидротурбина, низконапорная энергия, малая ГЭС.

Аннотация. Предложена новая конструкция гидротурбины для малой ГЭС, утилизирующей низконапорную энергию воды, в том числе, и для плотин с плавкой вставкой, предотвращающих нежелательное подтопление территорий в верхнем бьефе. Предлагаемая конструкция малонапорной гидротурбины исключает

вибрацию, ударное воздействие потока на лопасти, отсутствует консольное напряжение в местах крепления воспринимающих элементов. Существующие конструкции малонапорных гидротурбин могут использоватьсь только в открытых каналах и водоводах, их нельзя применять на напорных и безнапорных трубопроводах. Новая конструкция турбины может применяться не только в магистральных каналах, малых реках, также использоватьсь в напорных и безнапорных трубопроводах. Поэтому ее инновационные технические характеристики позволят расширить круг потенциальных потребителей, в особенности в лице компаний, поставляющих воду посредством магистральных трубопроводов.

Проведенный анализ современного состояния вопроса показал, что в связи с ростом стоимости всех видов органического топлива, интерес к разработке типовых конструкций и дешевого стандартизированного гидротурбинного оборудования для безнапорных и низконапорных малых ГЭС резко возрос в США, Японии, Англии, ФРГ, Франции и др. В США разрабатываются типовые проекты ГЭС мощностью от 50 до 5000 кВт в десяти модификациях для использования в безнапорных режимах или при малых напорах. Кроме того, разработаны 4 типоразмера модульного энергоблока с диаметром рабочего колеса 200, 300, 400 и 600 мм. Энергоблок состоит из двух модулей: водоприемного и турбинного, наименьшая стоимость блока составляет 113 00 долл. [1, 2]. В Великобритании создана гидротурбина мощностью от 5 до 150 кВт, выпускаемая в наборе с энергетическим оборудованием, которая легко монтируется на небольших реках. Стоимость 1 кВт установленной мощности составляет 300-1500 фунтов стерлингов, ежегодные эксплуатационные затраты - 20 фунтов стерлингов. При этом предпосылками ускоренного развития свободнопоточных и низконапорных ГЭС является их стандартизация, а также увеличение уровня автоматизации и унификации проектов. Производители: фирмы "Бовинг", "Ф.Бэмфорд" и др.

Во Франции обоснована эффективность сооружения низконапорных ГЭС со стандартными блоками, изготовлено 8 разновидностей таких блоков мощностью до 800 кВт. Установки снабжены осевыми пропеллерными турбинами, турбинами Каплана, а также "трубными" турбинами с прямоосной отсасывающей трубой, позволяющей улучшить гидравлические характеристики агрегата. Эти турбины выпускают фирмы "Нейрпик", "Ателье Бувье" и др. в комплекте с энергетическим оборудованием.

В Китае освоено производство отечественного унифицированного оборудования для ГЭС мощностью от 12 до 5000 кВт. Разработаны системы возбуждения, синхронизации, контроля и регулирования. Малые ГЭС в КНР производят 6.7% общей выработки электроэнергии, при этом они покрывают до 35% потребностей в электроэнергии всего сельскохозяйственного производства страны. Оборудование для ГЭС КНР поставляет на экспорт [3].

Японскими фирмами "Фудзи дэнки сэйдзе", "Марushima", "Фудзи Электрик Компани" выпускается стандартизованное малогабаритное оборудование для мини ГЭС для установки их на реках и в каналах различного назначения.

Большой интерес к дешевым высокоеффективным мини ГЭС проявляется в ФРГ (фирмы "Фойт", "Ойсбергер"), Швейцарии (фирма "Эшер-ВИСС"), Австрии (фирма "Кесслер"), Бельгии (фирма "Асес"), Италии, Кубе, Испании, Финляндии, Чехословакии, Болгарии, Португалии и др.

Важнейшим недостатком свободнопоточных и низконапорных ГЭС являются их низкие экономические показатели. Так для ГЭС мощностью менее 5 МВт удельные капиталовложения в расчете на 1 кВт мощности достигают 500-2000 долл. Хотя эти показатели сопоставимы с аналогичными показателями крупных ГЭС и АЭС, ведутся поиски дальнейшего их улучшения. Решение задачи специалисты видят в применении упрощенных стандартизованных агрегатов и оборудования, что дает возможность экономически рентабельно использовать гидропотенциал малых рек.

В настоящее время оборудование для мини и микро ГЭС изготавливают и комплектно поставляют более 130 фирм 28 стран мира (США, Великобритания, Япония, Франция, Германия, Китай и др.).

Оборудование для МГЭС изготавливается по традиционной схеме, аналогичной схемам крупных ГЭС, с возложением функции стабилизации частоты на гидравлическую турбину. Гидротурбина комплектуется вспомогательным оборудованием электрогидравлическим регулятором, маслонапорной установкой, системой водяного охлаждения. Стоимость такого комплекта оборудования в настоящее время чрезмерно высока и его применение делает строительство МГЭС экономически нецелесообразным (нерентабельным).

Анализ тенденций развития мировой энергетики свидетельствует об эффективности МГЭС. Так, в Китае насчитывается более 70 тысяч МГЭС мощностью менее 500 кВт, оборудованных в основном турбинами и генераторами собственного производства. Стоимость электроэнергии на МГЭС 0.1-0.33 долл./кВт.ч., а срок окупаемости 1-2 года. Удельная стоимость МГЭС в Пакистане 300-400, а в Непале 500 долл./кВт. Низкая удельная стоимость объясняется тем, что изготовление упрощенного оборудования производится местными фирмами, а строительство МГЭС осуществляется местными коммунами без соблюдения общепринятых стандартов.

В Европе создана Ассоциация малой гидроэнергетики Европы, включающая 12 стран, в том числе Францию, Италию, Испанию, Португалию со штаб-квартирой в Мадриде. В Западной Европе, Португалии и др. правительства выделяют на МГЭС около 25% от всех ассигнований на энергетику.

При устройстве МГЭС на напорных системах водоснабжения, как это сделано в Узбекистане, в Грузии (системы водоснабжения Триалети-Тбилиси, Кахетинская N1, N2 и др.) срок окупаемости МГЭС составил 6 месяцев, а удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности - 78 руб. на 1 кВт.час - 0.89 коп. (все в ценах 1989 года).

При размещении (установке) предлагаемого энергоблока возможны технические решения, принципиально отличные от традиционных для ГЭС.

К ним относятся:

- устройство свободнопоточных МГЭС, т.е. установка гидроагрегата в русле реки или в канале;
- возведение временных плотин, которые могут частично разрушаться во время половодий (с устройством "плавкой вставки");
- создание водохранилищ с затоплением не превышающим максимальный паводочный уровень;
- расположение МГЭС вне русла (рукавная МГЭС);
- использование энергии естественных перепадов водотока;
- выработка электроэнергии на холостых сбросах водохозяйственных и ирригационных объектов водоводах систем водоснабжения;
- утилизация энергии сбросов очищенных стоков городских очистных сооружений и т.д.

Малые ГЭС лишены многих недостатков: они не требуют больших капитальных вложений, практически не оказывают негативного воздействия на окружающую среду, для их обслуживания не нужен квалифицированный персонал. Гидротехнические сооружения малых ГЭС не подтопляют леса и сельскохозяйственные угодья, не приводят к сносу и переносу населенных пунктов. Малые ГЭС позволяют сохранить ландшафт и окружающую среду в процессе строительства и на этапе эксплуатации. Вода, проходящая через малую гидротурбину, сохраняет свои первоначальные природные свойства.

В настоящее время в ООН разрабатываются проекты строительства малых ГЭС для более 50 слабых и развивающихся стран. Учитывая большой опыт Китая в строительстве малых ГЭС, ООН заключила с Китаем соглашение о создании в г. Хангжауе международного центра по исследованию и развитию малых ГЭС [3].

Целесообразность развития малой гидроэнергетики подтверждается мировым опытом гидростроительства. Широкая программа возведения ГЭС на малых реках, модернизации и восстановления действующих или заброшенных малых ГЭС реализуется в таких промышленно развитых странах, как США, Франция, Германия, Япония, Великобритания, Швейцария. В странах СНГ, в том числе в Казахстане, разрабатываются национальные программы развития малой гидроэнергетики.

Предлагаемая конструкция малонапорной гидротурбины исключает вибрацию, ударное воздействие потока на лопасти, отсутствует консольное напряжение в местах крепления воспринимающих элементов. Существующие конструкции малонапорных гидротурбин могут использоваться только в открытых каналах и водоводах, их нельзя применять на напорных и безнапорных трубопроводах. Новая конструкция турбины может применяться не только в магистральных каналах, малых реках, также использоваться в напорных и безнапорных трубопроводах. Поэтому ее инновационные технические характеристики позволят расширить круг потенциальных потреби-

телей, в особенности в лице компаний, поставляющих воду посредством магистральных трубопроводов [4-6].

Отличительные особенности предлагаемой конструкции [5, 6]:

- вращающаяся часть гидротурбины – гидроколесо с лопастями жестко закрепленная внутри внутренней трубы, находится внутри внешней герметичной трубы, диаметры которых в несколько раз больше подающего водовода;
- внешняя и внутренние трубы меняют свой диаметр по длине;
- магниты расположены с внешней стороны внутренней трубы, а обмотка с внешней стороны внешней трубы;
- подшипники гидроколеса закреплены в подводящем и отводящем водоводах;
- сальники с подшипниками имеют небольшие размеры и расположены внутри устройств, предназначенных для завихрения потока в подающем водоводе и снижения кавитации в отводящем водоводе.

На рисунке 1 приведена схема предлагаемой конструкций низконапорной гидротурбины, где 1 – подводящий водовод; 2 – завихритель; 3 – внешняя труба; 4 – труба гидроколеса; 5 – лопасти; 6, 9 – сальник с подшипником; 7 – магниты; 8 – обмотка генератора; 10 – плавный обтекатель; 11 – крепление обтекателя; 12 – отводящий водовод; 13 – основание гидроколеса; 14 – ось вращения.

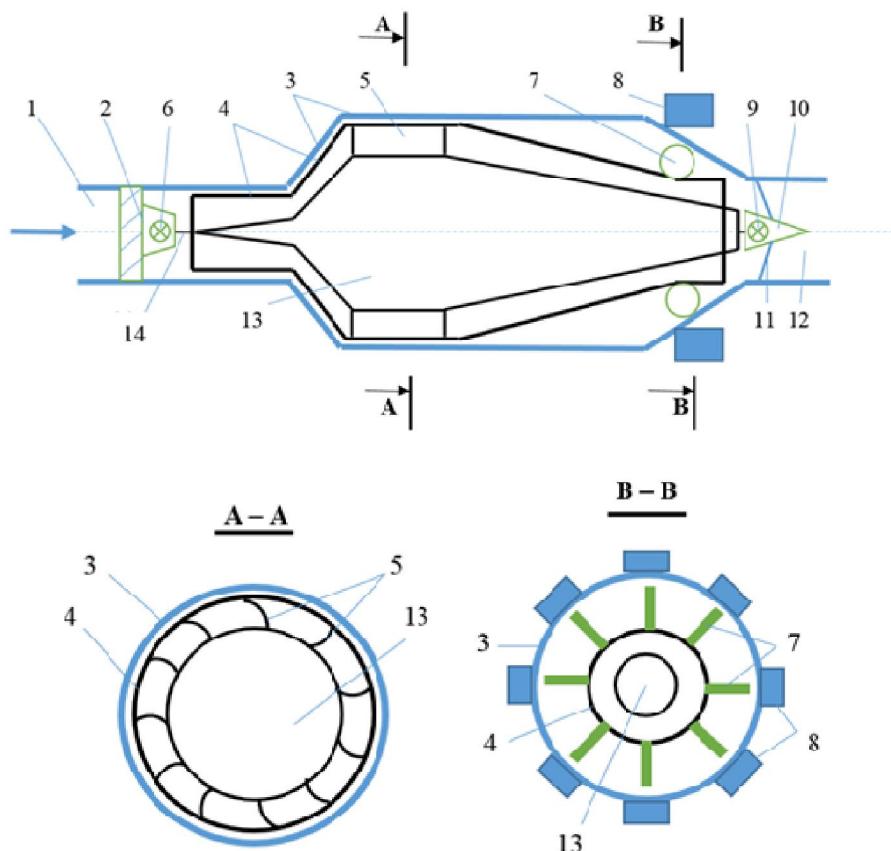


Рисунок 1 – Схема низконапорной гидротурбины

Подводящий 1 и отводящий 12 водоводы соединяются с внешней трубой 3 и представляют собой герметичную конструкцию. Завихритель 2 потока воды жестко крепится в подводящем водоводе 1. Лопасти 5 одним ребром крепятся на основании гидроколеса 13, а другим ребром жестко закреплены с внутренней стороны трубы 4 гидроколеса. Ось вращения 14 гидроколеса опирается на подшипники с сальниками 6, 9, которые находятся в завихритеle и плавном обтекателе 10. На трубу гидроколеса с внешней стороны крепятся магниты 7. Обмотка генератора 8 располагается на внешней трубе 3.

Устройство работает следующим образом. Поток, двигаясь по подводящему водоводу 1, попадает в завихритель 2, закручивается и, плавно обтекая основание гидроколеса 13, воздействует на лопасти 5, поток вращает гидроколесо вокруг своей оси 14, закрепленных в подшипниках с сальниками 6 и 9. Вращение гидроколеса приводит в движение магнитов 7, которые возбуждают электрический ток в обмотке генератора 8. Из трубы гидроколеса поток поступает в отводящий водовод 12.

Опыты проводились на экспериментальной модели низконапорной гидротурбины (рисунок 2), которая представляет собой подводящий и отводящий патрубки, гидротурбину совмещенную с генератором, измерительные приборы, безнапорные баки с насосом (рисунок 2).

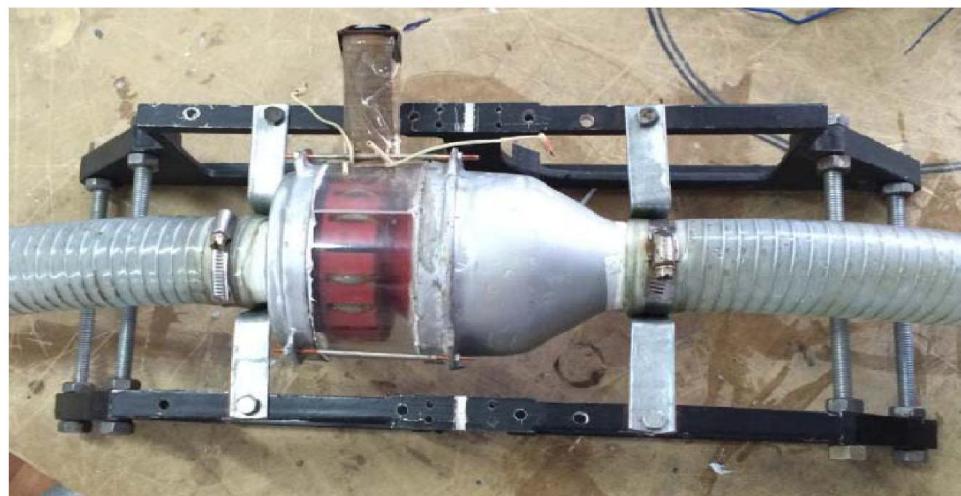


Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной модели низконапорной гидротурбины



Рисунок 3 – График зависимости мощности от расхода и напора воды (при $H = 1, 2 \text{ м}$)

Экспериментальная модель состоит из низконапорной гидротурбины, напорного бака, входящей и отводящей системы трубопроводов, задвижек, соединительных фланцев, насоса и измерительных приборов.

Насос качает воду из напорного бака по трубопроводу и подает воду через входящий водовод экспериментальной модели низконапорной гидротурбины. Под действием потока воды гидротурбина вращается, и вода из нее через отводящий водовод поступает в напорный бак. Расход воды регулировался задвижками. По полученным данным построен график (см. рисунок 3) зависимости мощности гидротурбины от расхода и напора воды.

Лабораторные исследования позволили подкорректировать результаты вычислительного эксперимента. В результате изменены профили лопастей и их количество. Важным моментом является угол атаки струи на поверхность лопасти. Струя воды направлена почти перпендикулярно к плоскости лопасти, но кривизна лопасти позволяет струе плавно сходить с поверхности лопасти без образования вихрей. Это улучшает вращение гидроколеса, т.к. пропускная способность отводящего конфузора не уменьшается. Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволили создать новую конструкцию низконапорной гидротурбины и оформить на нее заявку на инновационный патент [6].

Приведенные результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о высокой эффективности предлагаемой конструкции гидротурбины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Фолькер Куашинг. Системы возобновляемых источников энергии. Технология-Расчеты-Моделирование. – Астана, 2013. – 429 с.
- [2] SEABELL INTERNATIONAL Co.,Ltd. <http://www.seabell-i.com/>
- [3] AEROTHERMODYNAMICS OF TURBOMACHINERY, ANALYSIS AND DESIGN, Naixing Chen, Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Sciences, China, 2010. – 461 p
- [4] Предварительный патент № 13064 KZ. Гидротурбина. Кошумбаев М.Б. Опубл. 15.05.2003, бюл. № 5.
- [5] Инновационный патент № 28725. Гидроагрегат. Кошумбаев М.Б, Боканов Б.Б., Квасов П.А., Мырзакулов Б.К., Ержан А.А. Опубл. 15.07.2014, бюл. №7.
- [6] Заявка на инновационный патент № 2015/0277.1. Гидроагрегат. Кошумбаев М.Б.

REFERENCES

- [1] Fol'ker Kuashing. Sistemy vozobnovljaemyh istochnikov jenergii. Tehnologija-Raschety-Modelirovanie. – Astana, 2013. – 429 s.
- [2] SEABELL INTERNATIONAL Co.,Ltd. <http://www.seabell-i.com/>
- [3] AEROTHERMODYNAMICS OF TURBOMACHINERY, ANALYSIS AND DESIGN, Naixing Chen, Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Sciences, China, 2010. – 461 p
- [4] Predvaritel'nyj patent № 13064 KZ. Gidroturbina. Koshumbaev M.B. Opubl. 15.05.2003, bjul. № 5.
- [5] Innovacionnyj patent № 28725. Gidroagregat. Koshumbaev M.B, Bokanov B.B., Kvasov P.A., Myrzakulov B.K., Erzhan A.A. Opubl. 15.07.2014, bjul. №7.
- [6] Zajavka na innovacionnyj patent № 2015/0277.1. Gidroagregat. Koshumbaev M.B.

АЗ ҚЫСЫМДЫ ШАҒЫН СУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫ ҮШИН ГИДРОТУРБИНАНЫҢ ЖАҢА ТӨМЕН ҚҰРЫЛЫМЫ

М. Б. Кошумбаев, П. А. Квасов

Ш. Ч. Шөкін атындағы өзак ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: жаңа құрылым, турбина, төмен қысымды энергетикалық, шағын су электр қондырғылары.

Аннотация. Кіші СЭС үшін су турбинасының жаңа түрі келтірілген, ол аз қысымды су энергиясын жояды, оның ішінде шлюз қойылған плотина, жоғары бьефте аланды керексіз су басудан корғайды. Келтіріліп отырған аз қысымды су турбинасында, қалақшаға ұрылып келген әрекет жойылып, кабылдау элементтеріндегі біріккен жерлердеге консольді кернеу болмайды. Көп кездесетін аз қысымды су турбиналары тек ашық су каналдарда пайдаланылады, оларды қысымсыз суларда пайдалануға қолайсыз болады. Келтіріліп отырған турбина магистральді каналдарда ғана емес, кіші өзендерде, сондай ақ қасымсыз, қысымды су құбырларында пайдалануға болады. Сондықтан оның инновациялық техникалық сипаттамалары жоғары.

Поступила 10.02.2016 г.