

ИСПЫТАНИЕ МОДЕЛИ НИЗКОНАПОРНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ С ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

*Кандидаты техн. наук НЕДБАЛЬСКИЙ В. К., ОРЛОВИЧ А. И., СИЗОВ В. Д., КОСОБУЦКИЙ А. А.,
инженеры БУЛЫНЯ А. А., ШАТАЛОВ И. М., асп. КУРИЛЕНКО А. Е., студ. ВЫРВИЧ А. А.*

Белорусский национальный технический университет

В связи с непрерывным удорожанием энергоносителей необходимо максимально использовать гидроэнергопотенциал республики. В географических условиях Беларуси экономически невыгодно повсеместно строить высоконапорные плотины. К тому же возведение плотин нецелесообразно с экологической точки зрения. Для выработки электроэнергии на малых водотоках необходимо устанавливать лопастные турбины, которые используют кинетическую энергию воды. В то же время у известных лопастных турбин коэффициент полезного действия не превышает 40–45 % [1].

Для увеличения КПД гидротурбины нужно, чтобы она вращалась с минимальными потерями энергии. Поэтому была предложена конструкция гидротурбины, у которой каждая лопасть состоит из двух лопаток, установленных на осях с возможностью поворота на угол 85°. Вследствие этого лопатки лопастей раскрываются в активной зоне воздействия потока и складываются в пассивной зоне. На конструкцию, расположенную на горизонтальном валу гидротурбины с лопастями, которые состоят из поворачивающихся в необходимый момент лопаток, получен патент на изобретение [2]. Коэффициент полезного действия модели турбины, теоретическое обоснование которой приведено в [3], составил 50–53 %.

В то же время турбина, расположенная на горизонтальном валу, не может вырабатывать электроэнергию в зимний период времени. Поэтому и было предложено установить гидротурбину на вертикальном валу. Разработана и изготовлена модель гидротурбины, схема которой приведена на рис. 1. Она представляет со-

бой осевое колесо со спицами, которое закреплено на вертикальном валу 1. При этом на спицах расположены образующие лопасти парные лопатки, установленные с возможностью поворота навстречу друг другу.

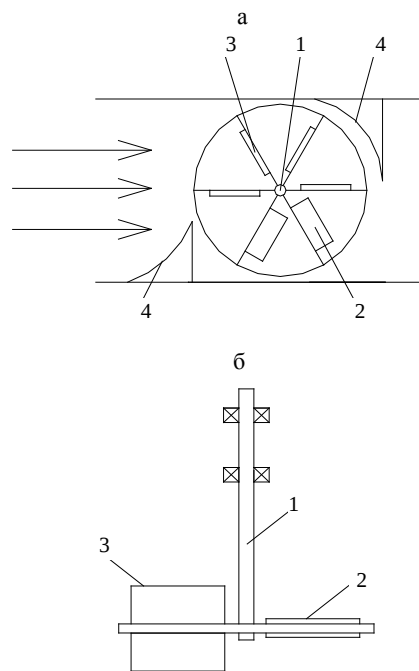


Рис. 1. Схема модели турбины: а – вид сверху; б – вид сбоку; 1 – вал турбины; 2 – лопатки лопастей в пассивной зоне потока; 3 – лопатки лопастей в активной зоне потока; 4 – направляющие пластины распределяющего устройства потока воды

Для обеспечения минимальных потерь энергии лопатки располагаются в плоскости лопасти в активной зоне воздействия потока и складываются в пассивной зоне, при этом лобовое сопротивление при движении сложенных лопастей минимально. На конструкцию турбины,

расположенной на вертикальном валу, получен патент Республики Беларусь на полезную модель [4]. На рис. 2 представлена фотография модели гидротурбины, расположенной на вертикальном валу. Экспериментальная модель гидротурбины была смонтирована на модернизированном гидравлическом стенде БНТУ. Для увеличения КПД перед турбиной и за ней установлены направляющие пластины распределяющего устройства потока воды (рис. 1).



Рис. 2

На рис. 3 приведена фотография вращающейся в потоке воды турбины с распределяющим устройством.

Для измерения мощности на валу турбины предложено и изготовлено устройство, схема которого представлена на рис. 4.



Рис. 3

На ведущий вал установлены тормозные колодки, которые затянуты болтами таким образом, чтобы создавать тормозящий момент на валу. Колодки скреплены с длинным стержнем, к концу которого прикрепляют датчик усилия растяжения. Сигнал с датчика подается на компьютер через усилитель. На валу турбины расположен небольшой магнит, который позволяет с помощью герконового датчика подавать сигналы на компьютер с целью измерения числа оборотов вала.

При вращении турбины момент сил трения, действующий со стороны вала на колодки, поворачивает колодки со стержнем на некоторый угол в направлении вращения турбины. При этом фиксируется сила растяжения датчика F .

Таким образом, мы находим момент силы

$$M = Fl,$$

где l – плечо момента, т. е. длина стержня до центра вала.

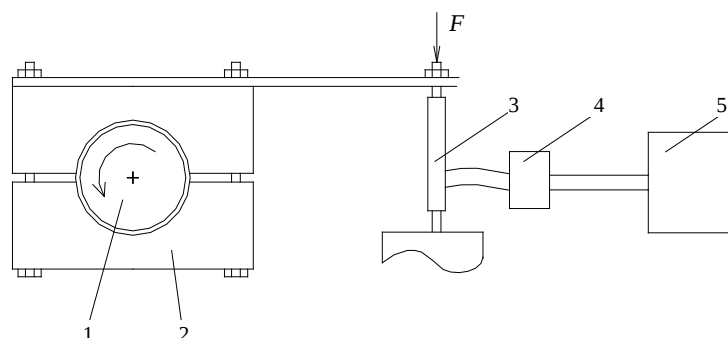


Рис. 4. Схема устройства для измерения мощности на валу турбины: 1 – вал турбины; 2 – тормозные колодки; 3 – датчик усилия растяжения; 4 – усилитель сигналов; 5 – компьютер

Тогда мощность на валу гидротурбины составляет

$$N = 2\pi nM,$$

где n – количество оборотов вала турбины в 1 с.

Разработана программа для расчета мощности на валу турбины с помощью компьютера, т. е. непосредственно в процессе эксперимента можно определять мощность на валу турбины N .

Мощность потока воды

$$N_b = \rho g Q H$$

где Q – расход воды; ρ – плотность; g – ускорение свободного падения; $H = \frac{v^2}{2g}$ – гидродинамический напор; v – скорость течения воды.

Тогда коэффициент полезного действия гидротурбины составит

$$\eta = \frac{N}{N_b}.$$

Результаты измерения мощности на валу гидротурбины в диапазоне частот вращения вала $n = 0,2$ – $0,5$ 1/с при скорости потока воды $v_1 = 0,5$ м/с и $v_2 = 0,6$ м/с представлены на рис. 5 и 6.



Рис. 5. Зависимость мощности N на валу гидротурбины от частоты вращения n вала гидротурбины при скорости потока $v_1 = 0,5$ м/с и мощности потока воды $N_b = 11$ Вт

При скорости потока воды $v_1 = 0,5$ м/с максимальная мощность на валу гидротурбины $N =$

$= 8,36$ Вт при частоте вращения вала $n = 0,5$ 1/с, при $v_2 = 0,6$ м/с максимальная мощность $N = 8,97$ Вт при частоте вращения вала $n = 0,5$ 1/с.

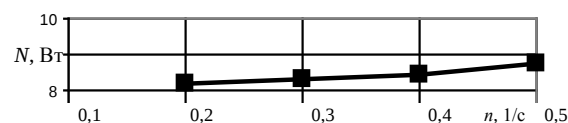


Рис. 6. Зависимость мощности N на валу гидротурбины от частоты вращения n вала гидротурбины при скорости потока $v_2 = 0,6$ м/с и мощности потока воды $N_b = 11,5$ Вт

Таким образом, получено, что КПД модели низконапорной лопастной гидротурбины $\eta = 76$ – 78 %.

ВЫВОД

Разработана конструкция расположенной на вертикальном валу низконапорной лопастной гидротурбины, способной круглогодично вырабатывать электроэнергию. В результате испытаний модели гидротурбины установлено, что ее КПД $\eta = 76$ – 78 %, а это на 30–33 % превышает КПД известных низконапорных лопастных турбин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по гидротурбинам / В. Б. Андреев [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Ковалева. – Л.: Машиностроение, 1984. – 496 с.
2. Патент Республики Беларусь на изобретение «Гидроагрегат» № 8426 от 29.05.2006 / В. К. Недбальский [и др.].
3. Теоретическое обоснование низконапорного гидроагрегата / В. К. Недбальский [и др.] // Вестник БНТУ. – 2003. – № 5. – С. 60–62.
4. Патент Республики Беларусь на полезную модель № 3031 от 15.06.2006 «Гидроагрегат» / Б. М. Хрусталева [и др.].

Поступила 22.02.2007