

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.

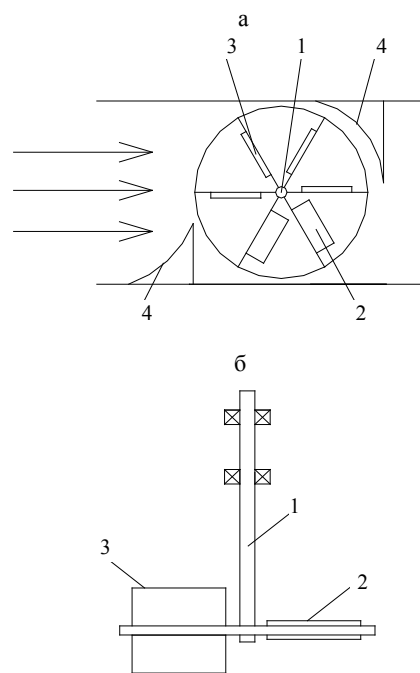


Рис. 1. Схема модели турбины: а – вид сверху; б – вид сбоку; 1 – вал турбины; 2 – лопатки лопастей в пассивной зоне потока; 3 – лопатки лопастей в активной зоне потока; 4 – направляющие пластины распределяющего устройства потока воды

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.

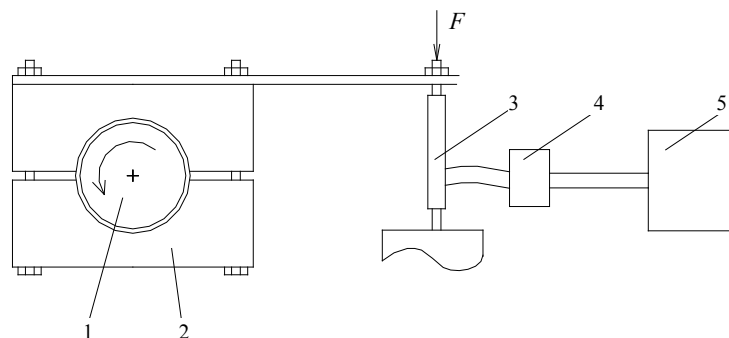


Рис. 4. Схема устройства для измерения мощности на валу турбины: 1 – вал турбины; 2 – тормозные колодки; 3 – датчик усилия растяжения; 4 – усилитель сигналов; 5 – компьютер



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.

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.

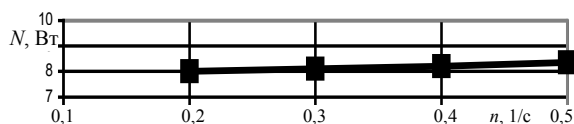


Рис. 5. Зависимость мощности N на валу гидротурбины от частоты вращения n вала гидротурбины при скорости потока $v_1 = 0,5$ м/с и мощности потока воды $N_b = 11$ Вт

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.

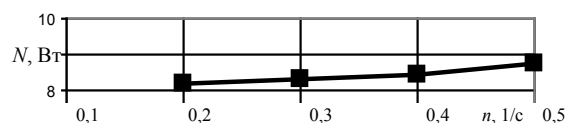


Рис. 6. Зависимость мощности N на валу гидротурбины от частоты вращения n вала гидротурбины при скорости потока $v_2 = 0,6$ м/с и мощности потока воды $N_b = 11,5$ Вт

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