

Кустов Борислав Олегович,
аспирант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: fresh_33@mail.ru

Бальчугов Алексей Валерьевич,
д.т.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: balchug@mail.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
МАЛОГАБАРИТНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО
ТЕПЛООБМЕННИКА**

Kustov B.O., Balchugov A.V.

**DETERMINATION OF EXPERIMENTAL CHARACTERISTICS
SMALL-SIZE HYDROTURBINES FOR LABORATORY
HEAT EXCHANGER**

Аннотация. Определены характеристики работы экспериментальной малогабаритной осевой гидротурбины, предназначенной для интенсификации теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе» за счет вращения теплопередающей поверхности.

Ключевые слова: характеристика гидротурбины, интенсификация теплообмена.

Abstract. The performance characteristics of an experimental small-sized axial hydraulic turbine, designed to intensify heat exchange in a “pipe in pipe” heat exchanger due to the rotation of the heat transfer surface, are determined.

Keywords: hydro turbine characteristic, heat transfer intensification.

В настоящее время в промышленном масштабе налажено производство малогабаритных гидротурбин со средним диаметром менее 69,2 мм. В связи с этим для изготовления лабораторного теплообменника с трубой, вращающейся за счет энергии теплоносителя, требуется рассчитать характеристики и параметры экспериментальной малогабаритной осевой гидротурбины.

Исходные данные для расчета: тип теплообменника – «труба в трубе»; тип гидротурбины – осевая плосколопастная; наружный диаметр внутренней трубы $d_1=0,015$ м; внутренний диаметр наружной трубы $d_2=0,026$ м; внешний диаметр турбины $D_n=0,024$ м; средний диаметр турбины $D=0,023$ м; радиальная длина лопасти $l=0,004$ м; расход воды в межтрубном пространстве теплообменника $L=1$ м³/ч; плотность воды $\rho=998$ кг/м³; угол наклона лопастей статора и ротора, соответственно $\alpha_{1л}=\beta_{2л}=61^\circ$; частота вращения n . Расчет выполнен в соответствии с методикой [1] по нижеследующим уравнениям.

$$\text{Окружная скорость:} \quad u = \pi \cdot D \cdot n. \quad (1)$$

$$\text{Осевая скорость жидкости:} \quad c_z = \frac{L}{3600 \cdot \pi \cdot D \cdot l}. \quad (2)$$

Окружные составляющие скорости на среднем радиусе:

$$\text{в статоре: } c_{1u} = c_z \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{1л}; \text{ в роторе: } c_{2u} = u - c_z \cdot \operatorname{ctg} \beta_{2л}. \quad (3)$$

Максимальный крутящий момент турбины:

$$M_{\max} = \frac{\rho \cdot L^2}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot 3600^2} (\operatorname{ctg} \alpha_{1,l} + \operatorname{ctg} \beta_{2,l}). \quad (4)$$

Максимальная частота вращения (в режиме холостого хода, при $M=0$):

$$n_{\max} = \frac{L}{\pi^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 3600} (\operatorname{ctg} \alpha_{1,l} + \operatorname{ctg} \beta_{2,l}). \quad (5)$$

Зависимость крутящего момента турбины от частоты вращения:

$$M = M_{\max} \left(1 - \frac{n}{n_{\max}} \right). \quad (6)$$

Суммарный перепад давления в ступени турбины:

$$\Delta p = \rho \cdot u \cdot (c_{1u} - c_{2u}). \quad (7)$$

Эффективная мощность:
$$N = 2,72 \cdot \frac{L \cdot \Delta p_1}{\rho \cdot g} \cdot \eta. \quad (8)$$

Результаты расчетов по уравнениям (1-8) представлены на рисунках 1-3.

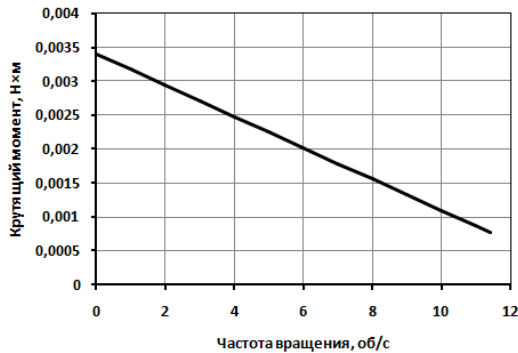


Рисунок 1 – Характеристика $M-n$

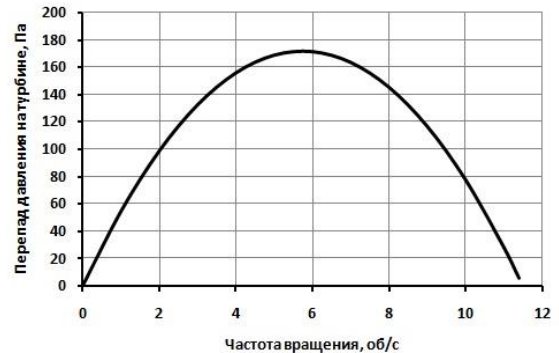


Рисунок 2 – Характеристика $\Delta p-n$

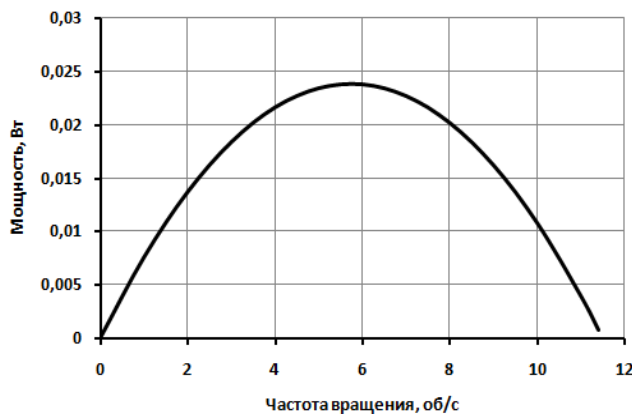


Рисунок 3 – Характеристика $N-n$

Полученные характеристики гидротурбины должны быть уточнены при проведении экспериментов по исследованию интенсивности теплопередачи в теплообменнике с вращением теплообменной поверхности за счет преобразования энергии потока жидкости в энергию вращения осевой плосколопастной гидротурбины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балденко Ф.Д. Расчеты бурового оборудования. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. 428 с.