

УДК 681.2

© В. И. Осика, В. А. Пчелинцев

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МАКРОНЕРОВНОСТЕЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСКОВ ПОДПЯТНИКОВ И УКЛОНА ВАЛА ГИДРОАГРЕГАТОВ ГЭС

В статье приводятся сведения о приборах для измерений профиля зеркального диска подпятника и уклона вала гидроагрегатов. Разработки Института физики Земли РАН прошли многолетние испытания на Загорской гидроаккумулирующей электростанции во время проведения плановых ремонтов и технических осмотров роторов гидроагрегатов. В настоящей статье приводятся краткие сведения о приборах и примеры результатов их применения.

Кл. сл.: гидроэлектростанция, гидроагрегат, уклон вала, диск, профиль поверхности

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В процессе эксплуатации и при проведении ремонтных работ агрегатов гидроэлектростанций

возникает необходимость определения с высокой точностью пространственного положения вала гидроагрегата и оценки состояния зеркальной поверхности диска подпятника (рис. 1).

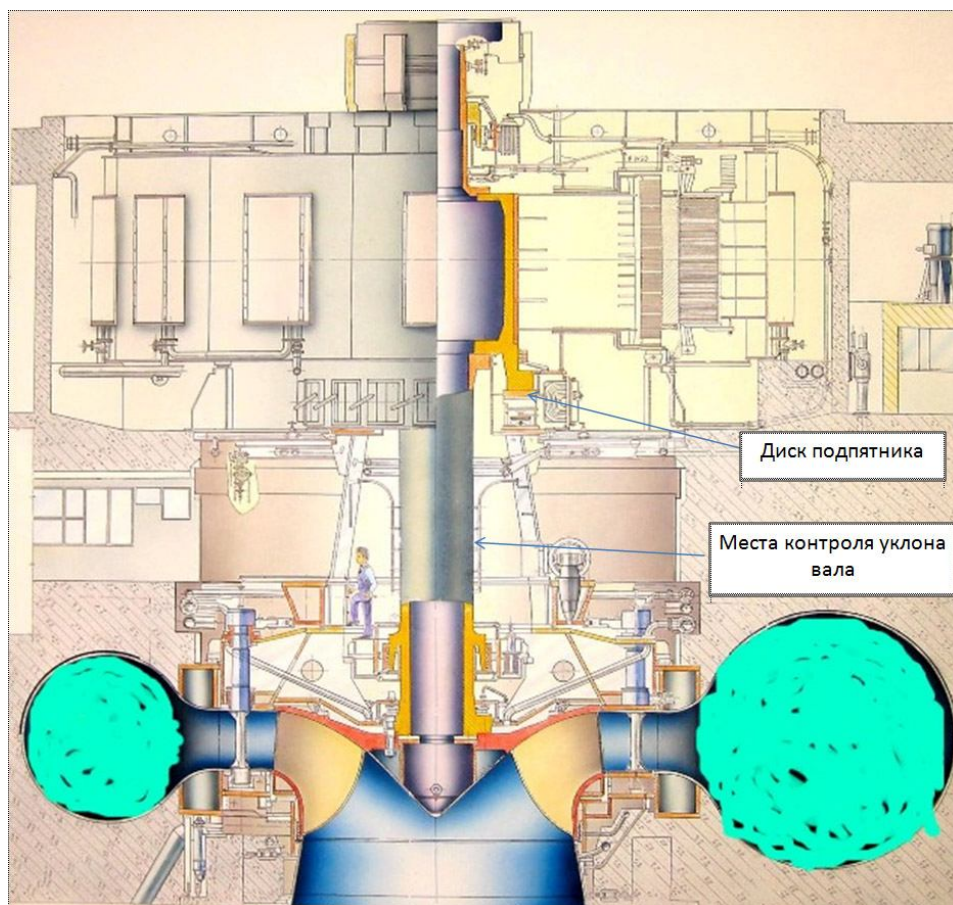


Рис. 1. Гидроагрегат зонтичного типа

В результате измерения радиального и продольного (вдоль окружности) рельефов зеркального диска во время текущих ремонтов возможно выявить степень износа и шероховатость поверхности опорного диска гидроагрегатов зонтичного типа. Определение пространственного положения вала гидроагрегата позволяет оценить величину и направление наклона вала, сделать выводы о динамике их изменения. Указанные обследования гидроагрегатов позволяют своевременно принять решение о проведении необходимых ремонтных и регулировочных работ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Хронология работы

В течение 2007–2011 гг. были завершены методические и опытно-конструкторские разработки высокоточных приборов для контроля и выставки с требуемой нормативными документами точностью ответственных геометрических параметров узлов гидроагрегатов — вала и зеркального диска подпятника [1, 2]. Результаты этих работ докладывались на конференциях РусГидро [3].

В течение 2005–2015 гг. на Загорской ГАЭС велась опытная эксплуатация нескольких вариантов приборов. Измерения проводились как на собранных агрегатах во время текущих ремонтов, так и во время капитальных и расширенных ремонтов с разборкой агрегата. Ежегодные измерения геометрических параметров гидроагрегатов позволяют отследить динамику их изменения и своевременно принять решение о необходимости регулировки.

Основные технические характеристики комплекса

Входящая в состав комплекса аппаратура позволяет измерять следующие параметры:

- уклоны вала с точностью $1''$ (0.005 мм/м) в диапазоне $\pm 3^\circ$ дуги — датчик уклона УД с магнитным прижимом к поверхности вала;
- макронеровности зеркального диска подпятника (волнистость и радиальная выработка диска) в потолочном и напольном режимах с точностью 1 мкм в диапазоне ± 3 мм — профилемер ПФМ;
- шероховатости зеркальных поверхностей дисков подпятников гидроагрегатов — для проверки был выбран промышленный датчик ДШМА-50 (изготовитель СКБ "Микроавтоматика", г. Пенза); диапазон измерений:

по параметру R_a 0.04–12.5 мкм
по параметру R_z 0.16–50 мкм

После доработки (оснащения датчика ДШМА-50 магнитным прижимом, чтобы создать стабиль-

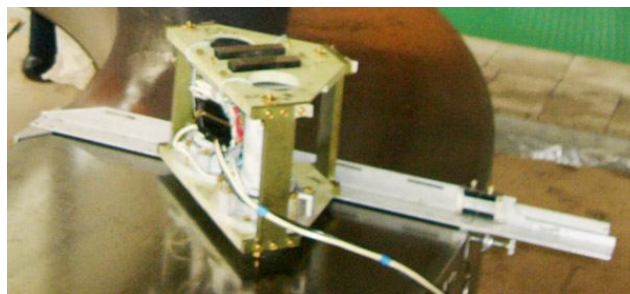


Рис. 2. Измерение волнистости диска подпятника на Загорской ГАЭС

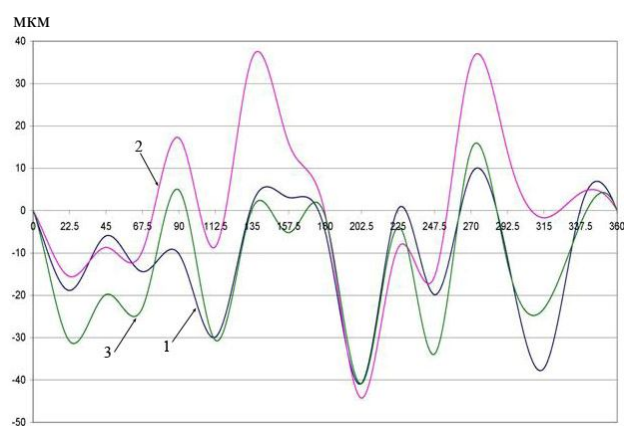


Рис. 3. Сравнение волнистости зеркальной поверхности диска подпятника А2 после затяжки прижимных болтов с усилием 100 Н·м (1), 150 Н·м (2) и с максимальным усилием (3).

По вертикальной оси — микроны, по горизонтальной — развертка диска по окружности в градусах дуги

ное, рекомендуемое изготовителем прижимное усилие на чувствительный элемент датчика) стало возможно проводить измерения на плоскостях, имеющих любой наклон к горизонту.

Процесс измерения параметров гидроагрегата каждым датчиком, включая экспресс-обработку на компьютере, занимает не более 2–3 ч при участии двух сотрудников. Получаемая информация оперативно передается техническим службам гидроэлектростанции.

Практические результаты

На рис. 2 показан профилемер ПФМ, подготовленный для измерения волнистости и радиальной выработки зеркальной поверхности диска подпятника гидроагрегата во время расширенного ремонта. Результаты измерений волнистости представляются в виде развертки по окружности диска, как показано на рис. 3. На этой диаграмме

показана волнистость диска при различных усилиях затяжки регулировочных болтов на монтаже агрегата: при затяжке 100 Н·м — 49.34 мкм, при затяжке 150 Н·м — 84.24 мкм и при максимальной затяжке — 55.14 мкм.

Минимальный размах волны — при рекомендуемой изготовителем гидроагрегата затяжке регулировочных болтов с усилием 100 Н·м.

Анализ конусности в радиальном направлении показал, что с увеличением усилия затяжки болтов конусность уменьшается. При затяжке с усилием 100 Н·м конусность составила 216" (1.048 мм/м), 150 Н·м — 173" (0.835 мм/м), при максимальной затяжке — 169" (0.821 мм/м). Усиление затяжки болтов приводит к "распрямлению" конуса.

Измерения уклона вала гидроагрегата можно проводить во время любого его останова на непродолжительное время, порядка 1–2 ч, причем как при распушенных турбинном и генераторном подшипниках, так и в маяках. Как показал опыт работ, значения уклонов валов для разных условий могут отличаться не более чем на величину 0.1 мм/м. Результаты измерений уклонов валов гидроагрегатов обычно представляются в виде векторных диаграмм, показывающих амплитуду и азимут наклона оси вала (рис. 4).

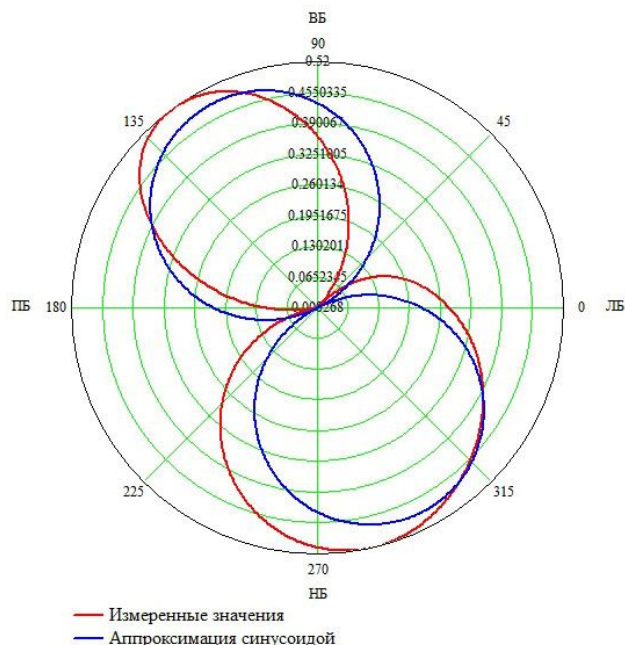


Рис. 4. Представление результата измерения уклона вала гидроагрегата: уклон вала агрегата А5 по данным измерений 11.02.2015. Уклон вала — 0.485 мм/м, направление уклона — 27° от НБ к ЛБ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы к настоящему времени:

- предложен комплект отечественной аппаратуры, обеспечивающий требуемую точность измерений и в тоже время компактный, легкий и удобный в эксплуатации;
- разработан комплекс программных средств, позволяющий оперативно обрабатывать собранную информацию и отображать в виде наглядных диаграмм результаты измерений;
- изготовлена автоматизирующая система регистрации информации, поступающей с датчиков;
- изготовлены рабочие чертежи приборов с помощью программы "Компас v. 13" для передачи в мелкосерийное производство.

Последняя версия профилемера ПФМ-У не требует для проведения измерений установки гидроагрегата на тормоза и выемки опорных сегментов, что позволяет измерять геометрические характеристики зеркального диска подпятника и в нагруженном состоянии, а также существенно сократить время измерения и трудоемкость подготовки рабочего пространства для проведения измерений на зеркальном диске. Усовершенствованный вариант измерителя уклонов УД снабжен самоцентрирующимся магнитным прижимом к валу, что автоматически обеспечивает надежный контакт трех опорных ножек прибора с поверхностью вала. Обе приборные разработки запатентованы.

ИФЗ РАН подготовил сотрудников ООО "Петрол спринг" (соавтор разработок и изготовитель приборов) для проведения вышеуказанных работ на объектах гидроэнергетики и оказывает им содействие в выполнении работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пчелинцев В.А., Осика В.И. Устройство для измерения макронеровностей поверхностей. Патент РФ № 2576631, 17.12.2014.
2. Пчелинцев В.А., Осика В.И. Устройство для измерения угла наклона валов гидроагрегатов. Патент РФ № 2569945, 02.09.2014.
3. Бехтерев С.В., Осика В.И., Пчелинцев В.А. Измерительные устройства для инструментального обследования подпятников и валов гидроагрегатов // Гидротехническое строительство. 2008. № 6. С. 12–18.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

Контакты: Осика Виктор Иванович, osika@ifz.ru

Материал поступил в редакцию: 16.01.2017

DEVICES FOR CONTROL OF MACROROUGHNESSES OF A WORKING SURFACE OF DISKS OF THRUST BEARINGS AND BIAS OF A SHAFT OF HYDROUNITS OF HYDROELECTRIC POWER STATION

V. I. Osika, V. A. Pchelintsev

Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow, Russia

Data on devices for measurements of a profile of a mirror disk of a thrust bearing and the bias of a shaft of hydrounits are provided in article. Development of Institute of Physics of Earth of the Russian Academy of Sciences passed long-term tests at the Zagorsk hydroheat-sink power plant during planned repairs and technical inspections of rotors of hydrounits. Short data on devices and examples of results of their application are provided in the present article.

Keywords: hydroelectric power station, hydrounit, shaft bias, disk, surface profile

REFERENCES

1. Pchelintsev V.A., Osika V.I. *Ustroystvo dlya izmereniya makronerovnostey poverchnostey* [The device for measurement of macroroughnesses of surfaces]. Russian Federation patent No. 2576631, 17.12.2014.
2. Pchelintsev V.A., Osika V.I. *Ustroystvo dlya izmereniya ugla naklona valov gidroagregatov* [The device for measurement of a slope angle of shaft of hydrounits]. Russian Federation patent No. 2569945, 02.09.2014.
3. Bechtereov S.V., Osika V.I., Pchelintsev V.A. [Metering devices for instrumental inspection of a step bearing and shaft of hydrounits]. *Gidrotechnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical construction], 2008, no. 6, pp. 12–18. (In Russ.).

Contacts: *Osika Viktor Ivanovich*,
osika@ifz.ru

Article received in edition: 16.01.2017