

УДК 621.822.5

В. И. НАЗИН*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СТЕНД, ОПЫТНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ОПЫТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОСТАТОДИНАМИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ СДВОЕННОГО ТИПА**

Приведено описание стенда и опытной установки для экспериментального исследования гидростатодинамических подшипников сдвоенного типа. Представлен комплекс измерительной аппаратуры, позволяющий регистрировать основные рабочие параметры подшипника. Разработана конструкция гидростатодинамического подшипника сдвоенного типа и экспериментального узла. Дано описание методики опытных исследований гидростатодинамических подшипников сдвоенного типа. Предусмотрена возможность регистрации как статических, так и динамических характеристик исследуемого подшипника. Заложена возможность опытного исследования основных характеристик как одинарного, так и сдвоенного гидростатодинамических подшипников.

Ключевые слова: *стенд, опытная установка, измерительный комплекс, гидростатодинамический подшипник, конструкция подшипника, динамические характеристики, исследование, методика, сдвоенный тип.*

Введение

Основной целью опытных исследований является проверка работоспособности гидростатодинамического подшипника сдвоенного типа и сопоставление полученных опытных данных с результатами расчетов. Стенд для опытного исследования рассматриваемых подшипников [1, 2] состоит из электрического привода ротора опытной установки, системы питания гидростатодинамических подшипников сдвоенного типа, вспомогательных систем и комплекса измерительной аппаратуры.

Система питания рабочей жидкостью предназначена для подачи рабочей жидкости под большим давлением в гидростатодинамические подшипники сдвоенного типа. В ней предусмотрена тщательная фильтрация рабочей жидкости и ограничение верхнего предела температуры рабочей жидкости. Система питания выполнена по замкнутой схеме с использованием центробежно-вихревого насоса. Вследствие постепенного повышения температуры рабочей жидкости в замкнутом контуре, при продолжительной работе системы питания, в ней предусмотрена возможность частичной замены воды путем слива нагретой части и одновременным наполнением бака водой более холодной из резервной емкости. Это позволяет поддерживать температуру рабочей жидкости в системе питания практически постоянной.

Раздельное питание гидростатодинамических подшипников рабочей жидкостью позволяет контролировать расход через каждую из опор с помо-

щью дроссельных шайб и дифференциальных манометров. Необходимое давление рабочей жидкости на входе в подшипники регулируется дроссельными вентилями и поддерживается постоянным регулятором давления.

Система питания подшипников сблокирована с электромагнитными пускателями. Автоблокировка осуществляется электроконтактными манометрами, которые при падении давления в магистрали питания отключают привод.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Она состоит из привода и испытываемого узла. В состав привода входит электродвигатель постоянного тока 1, зубчатый мультипликатор 2 с передаточным отношением 10, 28. Двигатель постоянного тока имеет мощность 14 кВт и номинальные обороты 3000 мин⁻¹. Привод обеспечивает плавное изменение оборотов ротора от 0 до 3000 мин⁻¹. Между двигателем и мультипликатором установлена жесткая муфта 3. Выходной вал мультипликатора соединен с ротором исследуемой установки при помощи специальной муфты 4 с предохранительным элементом (пальцем малого диаметра), который при возникновении аварийной ситуации срезается и отсоединяет привод от установки. Испытываемый узел 5 установлен в подставке 6.

Для опытного исследования гидростатодинамических подшипников сдвоенного типа спроектирован и изготовлен специальный узел, который приведен на рис. 2. Опытный узел состоит из корпуса 1, исследуемых гидростатодинамических подшипников сдвоенного типа 2 и 3, корпусов подшип-

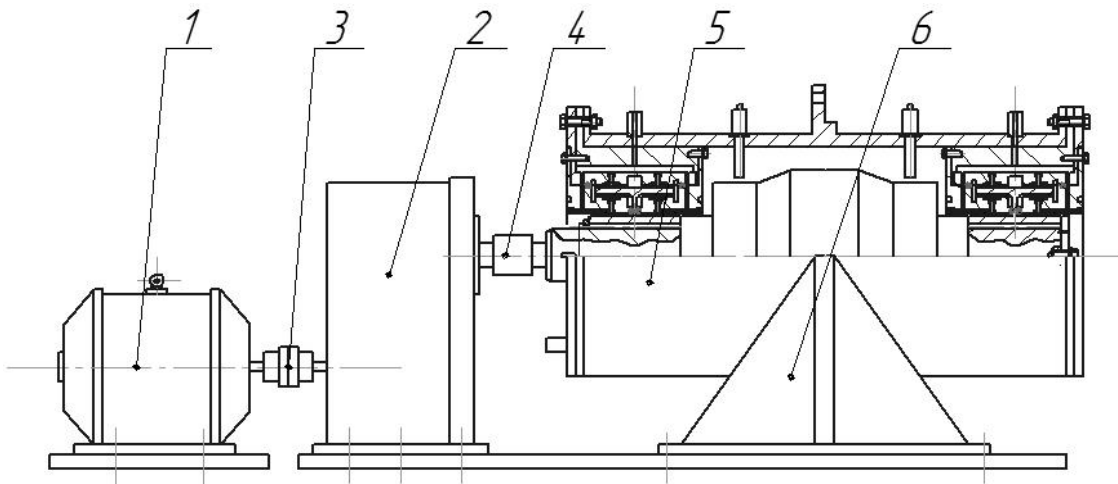


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

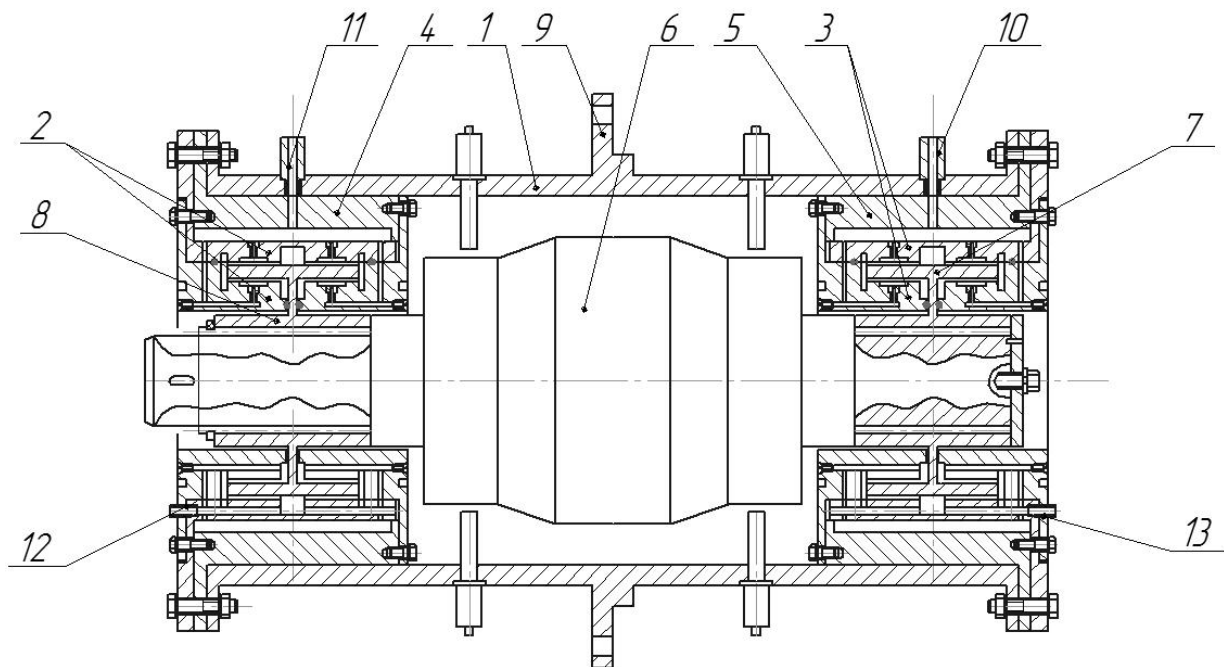


Рис. 2. Конструкция экспериментального узла

ников 4 и 5, вала 6, на котором установлены неподвижно диски 7 и 8. От осевых перемещений вал удерживается шарикоподшипником, установленным в соединительной муфте. Экспериментальный узел крепится к раме посредством фланца 9. Подшипники 2 и 3 состоят из наружных цилиндрических частей с двумя рядами камер и двух внутренних цилиндрических частей с одним рядом камер. На входе в камеры установлены входные компенсаторы давления – жиклеры.

Рабочая жидкость подается из системы питания центробежными насосами через приемные штуцеры 10 и 11. Отработанная в подшипниках жидкость поступает к сливным штуцерам 12 и 13.

Нагружение подшипников осуществляется постоянно ориентированной (вес ротора) и вращающейся (центробежной) нагрузками. Центробежное нагружение создается несбалансированностью ротора и осуществляется установкой дополнительных грузиков различной массы, ввинчиваемых в резьбовые отверстия, выполненные в валу и расположенные между подшипниками. Величина дисбаланса определялась на балансировочной машине с точностью до $0,5 \cdot 10^{-5}$ кг·м и может изменяться в пределах от $1 \cdot 10^{-4}$ кг·м до $4 \cdot 10^{-4}$ кг·м на опору.

В конструкции узла предусмотрены места установки индуктивных датчиков перемещений вала 14 и 15.

Комплекс измерительной аппаратуры позволяет регистрировать расход и давление питания рабочей жидкости, обороты вала и перемещение центра вала в любой момент времени.

Обороты вала замеряются с помощью аппаратуры, состоящей из бесконтактного преобразователя скорости вращения в частоту Ф575. Сигнал от осветителя, попадая на светлую метку на зачерненном валу, воспринимается фотоприемником (фотодиодом) и, пройдя через усилитель, преобразователь Ф575 попадает на экран шлейфового осциллографа Н 117.

Замер перемещений центра вала в подшипнике осуществляется с помощью бесконтактных индуктивных датчиков типа ДД-10 и усилительной аппаратуры ИД-2Н. Индуктивные датчики установлены попарно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Одна пара измеряет вертикальное перемещение вала, другая – горизонтальное. Постановка по два датчика в каждой плоскости вызвана необходимостью компенсировать влияние наведенных токов. Кроме того, это позволяет повысить чувствительность измерительной аппаратуры. Величина радиального зазора между датчиком и поверхностью вала составляла примерно 0,1...0,2 мм. Эта величина получена экспериментально, и позволяет получить необходимую чувствительность измерительной аппаратуры и линейную характеристику датчика. Сигнал от датчиков перемещения передается на аппаратуру усиления ИД-2Н, которая состоит из усилителя-преобразователя и блока питания. После усиления сигнал выводится на шлейфовый осциллограф Н 117. Возможно также воспроизведение траектории движения вала на экране лучевого осциллографа.

Рассмотрим методику опытных исследований. Перед началом экспериментальных исследований проводилась тарировка измерительных приборов. Она же имела место и по окончании проведения эксперимента. Тарировка датчиков перемещений проводилась в статическом состоянии (при не вращающемся валу). Тарировочные графики строились как для вертикальной, так и для горизонтальной плоскостей. При тарировке фиксировались показания шлейфового осциллографа, соответствующие крайним положениям вала в подшипнике. Эти показания имеют большое значение при исследовании амплитудно-частотных характеристик вала, особенно при режимах работы его близких к неустойчивым.

Для снятия динамических характеристик запускался генератор и двигатель постоянного тока, который через мультипликатор приводил во вращение вал. Регулировка оборотов осуществлялась ЛАТРОм генератора. Изменяя давление питания

рабочей жидкости и частоту вращения вала, записывались перемещения вала на шлейфовом осциллографе. На основании полученных данных строились амплитудно-частотные характеристики. Под амплитудно-частотными характеристиками, в данном случае, понималась зависимость амплитуд колебаний вала от его частоты вращения.

Опытное исследование работы вала в неустойчивой области сопряжено с опасностью аварии исследуемого узла. Обычно при исследовании динамики вала на гидростатодинамических подшипниках ограничиваются определением границы устойчивости, т.е. оборотов, при которых начинают появляться самовозбуждающиеся колебания. Для предупреждения аварии обычно резко повышают давление питания рабочей жидкости на входе исследуемых подшипников и сбрасывают обороты вала.

Для сравнительного анализа динамических характеристик гидростатодинамических подшипников втулочного типа во внутренних частотах подшипника сдвоенного типа предусмотрена установка заглушек вместо жиклеров, а в наружной части устанавливались жиклеры и, таким образом, подшипники сдвоенного типа превращались в подшипники втулочного типа.

Таким образом, разработанный экспериментальный узел и методика опытных исследований позволяют опытным путем получать амплитудно-частотные характеристики подшипников сдвоенного типа.

Литература

1. Стенд для исследования высокоскоростных гидростатических подшипников [Текст] / Н. П. Артеменко, В. Н. Доценко, А. И. Зубов и др. // Исследование и проектирование гидростатических опор и уплотнений быстроходных машин : сб. науч. тр. Харьковского авиационного института. – Вып. 1. – X., 1973. – С. 30-35.
2. Артеменко, Н. П. Некоторые результаты экспериментальных исследований динамики роторов на гидростатических подшипниках (ГСП) [Текст] / Н. П. Артеменко, В. Н. Доценко, А. И. Зубов // Исследование и проектирование гидростатических опор и уплотнений быстроходных машин : сб. науч. тр. Харьковский авиационный институт. – Вып. 1. – X., 1973. – С. 90-100.

Поступила в редакцию 10.06.2014, рассмотрена на редколлегии 14.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры Л. Г. Бойко, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

СТЕНД, ДОСЛІДНА УСТАНОВКА І МЕТОДИКА ДОСЛІДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОСТАТОДИНАМІЧНИХ ПІДШИПНИКІВ ЗДВОЄНОГО ТИПУ

V. I. Nazin

Приведено опис стенду і дослідної установки для експериментального дослідження гідростатодинамічних підшипників здвоєного типу. Представлено комплекс вимірювальної апаратури, що дозволяє реєструвати основні робочі параметри підшипника. Розроблено конструкцію гідростатодинамічного підшипника здвоєного типу та експериментального вузла. Дано опис методики дослідних досліджень гідростатодинамічних підшипників здвоєного типу. Передбачено можливість реєстрації як статичних, так і динамічних характеристик досліджуваного підшипника. Закладено можливість дослідного дослідження основних характеристик як одинарного, так і здвоєного гідростатодинамічних підшипників.

Ключові слова: стенд, дослідна установка, вимірювальний комплекс, гідростатодинамічний підшипник, конструкція підшипника, динамічні характеристики, дослідження, методика, здвоєний тип.

STAND, PILOT PLANT AND METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF HYDROSTATODYNAMIC BEARINGS OF THE DOUBLED TYPE

V. I. Nazin

Description of stand and pilot plant is resulted for experimental research of the hydrostatodynamic bearings of the doubled type. The complex of measuring apparatus, allowing to register the basic operating parameters of bearing, is presented. The construction of the hydrostatodynamic bearing of the doubled type and experimental knot is developed. Description of method of experimental researches of the hydrostatodynamic bearings of the doubled type is given. Possibility of registration of both static and dynamic descriptions of the probed bearing is foreseen. Possibility of experimental research of basic descriptions is both single and doubled hydrostatodynamic bearings is stopped up.

Keywords: stand, pilot plant, measuring complex, hydrostatodynamic bearing, bearing construction, dynamic descriptions, research, method, doubled type.

Назін Владимир Иосифович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теоретической механики, машиноведения и роботомеханических систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: dekanat@d2.khai.edu.