

## МАШИНОСТРОЕНИЕ MECHANICAL ENGINEERING

**Космынин А. В., Красильникова О. А., Гуменюк Н. С.**  
**A.V. Kosmynin, O.A. Krasilnikova, N.S. Gumenyuk**

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УПОРНЫХ ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ**

#### **A TEST BED FOR TESTING GAZOSTATIC THRUST BEARING PARAMETERS**

**Космынин Александр Витальевич** – доктор технических наук, профессор, декан ФЭТМТ Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 8(4217)142-191. E-mail: avkosm@knastu.ru.

**Mr. Alexander V. Kosmynin** – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Power Engineering, Transport and Marine Technologies of the Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), phone: 8(4217)142-191, e-mail: avkosm@knastu.ru.

**Красильникова Ольга Алексеевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение» Комсомольского-на-Амуре технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 8(4217)543074. E-mail: faks@knastu.ru.

**Ms. Olga A. Krasilnikova** – PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Shipbuilding Technology of the Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), phone: 8(4217)543074, e-mail: faks@knastu.ru.

**Гуменюк Надежда Сергеевна** – старший преподаватель кафедры «Кораблестроение» Комсомольского-на-Амуре технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 8(4217)543074. E-mail: faks@knastu.ru.

**Ms. Nadezhda S. Gumenyuk** – Senior Lecturer at the Department of Shipbuilding Technology of the Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), e-mail: faks@knastu.ru.

**Аннотация.** Рассмотрена экспериментальная установка для исследования грузоподъемности, жесткости смазочного слоя и расхода газа упорных газостатических подшипников с лабиринтным уплотнением рабочей поверхности.

**Summary.** A test bed is considered for the study of the bearing capacity, lubricating film rigidity and gas consumption of gazostatic thrust bearings with labyrinth seal of the bearing surface.

**Ключевые слова:** упорные газостатические подшипники, лабиринтные уплотнения, грузоподъемность, жесткость смазочного слоя, расход газа.

**Key words:** gazostatic thrust bearing, labyrinth seal, bearing capacity, lubricating film rigidity, gas consumption.

УДК 621.822.572.-405.8

Современная тенденция развития высокоскоростных машин тесно связана с внедрением в их конструкцию бесконтактных опор, к которым, в частности, относятся газостатические подшипники. Имея несомненный ряд преимуществ перед известными типами опор, разные виды газовых подшипников объединяет один недостаток – сравнительно низкая несущая способность смазочного слоя, что сдерживает их более широкое применение в различных областях техники.

Одним из возможных путей повышения грузоподъемности и жесткости смазочного слоя упорных газостатических подшипников (УГСП) является уплотнение их рабочей поверхности кольцевыми лабиринтами. Некоторые экспериментальные исследования таких УГСП представлены в работах [1; 2]. Вместе с тем приходится констатировать ограниченность проведенных исследований, не позволяющих в полной мере судить об эффективности применения лабиринтных уплотнений.

Для более широкого представления об особенностях работы УГСП с прямоточными лабиринтами в КНАГТУ спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд для исследования эксплуатационных характеристик упорных газостатических подшипников.

**Космынин А.В., Красильникова О.А., Гуменюк Н.С.**  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК**  
**УПОРНЫХ ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ**

Установка позволяет проводить испытания УГСП в статическом и гибридном режимах работы. Общий вид экспериментальной установки показан на рис. 1.

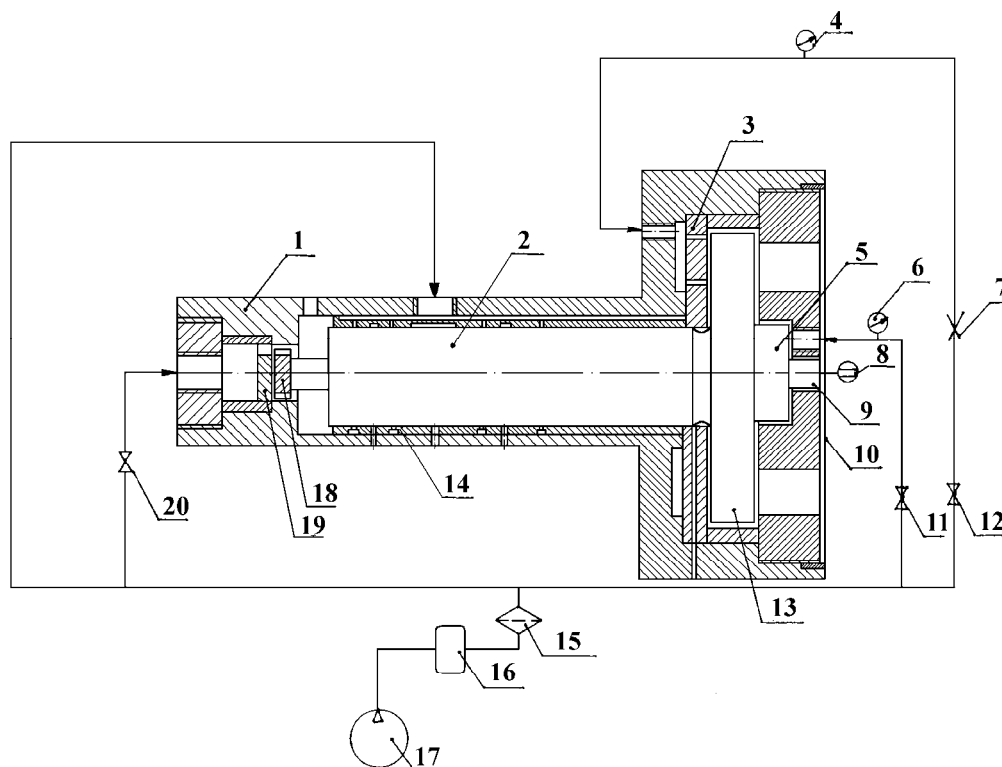


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Стенд включает в себя корпус 1, внутри которого установлен испытуемый подшипник 3, горизонтальный вал 2, выполненный совместно с пятой УГСП 13 и поршнем 5 для создания осевой нагрузки. На другом конце вала крепится турбинное колесо 18 осевого типа. Оно приводится во вращение воздухом, истекающим из соплового аппарата 19. Опорой вала служат два цилиндрических газостатических подшипника 14, которые имеют два ряда питающих отверстий. В каждом ряду расположено по 16 отверстий диаметром 0,4 мм. Зазор между пятой и подшипником определяется по осевому перемещению короткого вала 9.

Ротор представляет собой цилиндрический вал диаметром 40 мм и длиной 170 мм. Вал изготовлен из стали 45. Поверхность вала закалена до твердости HRC 50...55, после чего подвергнута хромированию и супершлифованием доведена до девятого класса шероховатости с высотой микронеровностей  $Ra = 0,32$  мкм.

Радиальные подшипники и исследуемые УГСП изготовлены из бронзы ОФ 10-1. Контроль отклонений от прямолинейности и плоскостности поверхности УГСП осуществлялся с помощью индикатора часового типа на штативе, установленном на поверочной плите и плоскомера конструкции ЭНИМС. Абсолютная максимальная погрешность отклонения от прямолинейности и плоскостности, определяемая как наибольший размах показаний измерительной головки, составляла не более 7 мкм, что добивалось притиркой поверхности УГСП алмазной пастой.

Экспериментальный стенд работает следующим образом. От компрессора 17 сжатый воздух подается в ресивер 16. Далее через устройство очистки воздуха 15 рабочая среда одновременно поступает к сопловому аппарату, нагрузочному устройству, газовым опорам вала и к испытуемому подшипнику через расходомерное устройство 7. Клапан 20 служит для изменения вращения рабочего колеса. Клапаны 11 и 12 предназначены для создания необходимого давления на нагрузочном устройстве и на УГСП соответственно. Отработанный воздух через сверления в корпусе удаляется в атмосферу.

Для проведения исследований предусмотрена развитая система замеров. Расход воздуха измеряется набором сменных диафрагм, образцового и дифференциального манометров, установленных на подводящем трубопроводе.

Для измерения частоты вращения ротора используется магнитно-индукционный метод. От намагниченного ротора синусоидальный сигнал без усилия подается на частотомер ЧЗ-35, который обеспечивает точность измерения частоты вращения до  $\pm 6 \text{ мин}^{-1}$ .

Температура воздуха перед диафрагмой определяется ртутным лабораторным термометром, заключенным в гильзу.

Осевое смещение короткого вала, по которому определяется зазор между пятой и подшипником, измеряется часовым индикатором 8 типа ИЧ 10-12М с ценой деления 1 мкм, который крепится к крышке 10. Такой способ измерения зазора применяется в случае проведения испытаний с УГСП в гибридном режиме. В статическом режиме испытаний зазор определяется как среднеарифметическое значение показаний трех индикаторов, равномерно установленных по окружности крышки.

Давление воздуха на нагрузочном устройстве и давление наддува регистрируются с помощью образцовых манометров 6 и 4 соответственно. Все измерительные приборы прошли метрологическую поверку.

Использование в экспериментальном стенде опор с дискретным наддувом потребовало уделить особое внимание системе очистки воздуха. В этом качестве хорошо зарекомендовал себя вихревой маслоотделитель (ВМО).

Принцип действия ВМО (см. рис. 2) аналогичен принципу действия вихревых сепараторов и основан на выделении аэрозолей, возникающих при вращении потока под действием центробежных сил.

Капли жидкости, взвешенные в потоке газа, поступающего через тангенциальное сопло 1, отбрасываются к стенкам корпуса 5 и вместе с частью периферийного нисходящего потока газа попадают в бункер 10. Затем эта часть газа в виде восходящего вращающегося потока возвращается из бункера через рециркуляционную трубу 7 с лопаточным завихрителем 8 и вытеснителем 6 в приосевую зону аппарата. На наружной поверхности рециркуляционной трубы установлена подпорная шайба 9, которая разделяет рабочую вихревую камеру аппарата от шламового бункера. Вытеснитель 6 в приосевой зоне занимает область течения вынужденного вихря, сепарирующее действие которого минимально. Через эту зону за счет турбулентности мелкодисперсная аэрозоль транспортируется в выходной патрубок 3. Отбойная шайба 4 предотвращает попадание в выходной патрубок пленки жидкости. Эта пленка поступает на наружную поверхность выходного патрубка 3 с цилиндрической поверхности корпуса 5 через торцевую наклонную плоскость камеры под действием градиента давления и капиллярных сил (сил поверхностного натяжения). Очищенный воздух выходит из патрубка 3 к потребителю, предварительно пройдя через раскручиватель 2.

Экспериментальная установка показала высокую надежность работы узлов и систем стенда, а также достаточную точность измерения характеристик УГСП.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, А. М. Влияние конструктивных факторов на несущую способность кольцевых газостатических подпятников турбомашин / А. М. Антонов, Н. П. Седько // Труды НКИ. – Николаев. – 1972. – № 55. – С. 28-32.
2. Седько, Н. П. Некоторые результаты экспериментального исследования газостатических двухрядных подпятников с лабиринтными канавками / Н. П. Седько, Я. Х. Сорока // Труды НКИ. – Николаев. – 1971. – № 42. – С. 36-40.

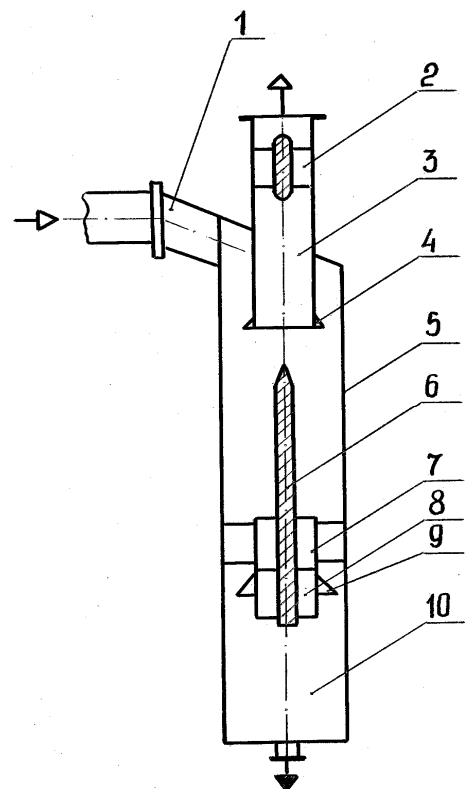


Рис. 2. Конструкция ВМО