

Н. В. Соколов, М. Б. Хадиев, М. Н. Серазутдинов

ОПИСАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПОРНОГО ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ С НЕПОДВИЖНЫМИ ПОДУШКАМИ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Ключевые слова: измерительный стенд, упорный подшипник, переходный процесс.

В статье изложена целесообразность применения упорных подшипников скольжения с неподвижными подушками в винтовых и центробежных компрессорах. Приведены достоинства и недостатки подшипников. Описывается экспериментальный центробежный компрессор, испытуемый упорный подшипник с неподвижными подушками и способы снятия показаний с измерительного стенда. Намечены перспективы исследования.

Key words: measuring bench, thrust bearing, transient.

The article shows advisability of fixed-pad thrust sliding bearings applications for the screw and centrifugal compressors. Advantages and drawbacks of the above bearings have been set forth. Experimental centrifugal compressor, tested fixed-pad thrust bearing and methods for taking readings of measuring bench have been described. Prospects for future investigations have been outlined.

Повышение надежности работы, ресурса эксплуатации и других эксплуатационных характеристик винтовых [1] и центробежных компрессоров остается актуальной задачей для компрессорной техники в настоящее время. Эти параметры в первую очередь определяются динамическими характеристиками подшипников и уплотнений.

Поэтому одной из главных задач при проектировании компрессоров является выбор типа и определение статических и динамических характеристик подшипников [2].

В винтовых и центробежных компрессорах и быстроходных мультипликаторах широкое распространение находят осевые подшипники с неподвижными подушками. Они обладают следующими преимуществами: конструктивно просты, имеют малое количество деталей, допускают пуск и остановку под нагрузкой, имеют малые потери мощности на трение и низкую температуру смазочного слоя по сравнению с подшипниками с самоустанавливающимися подушками. К положительным качествам этих подшипников следует отнести также возможность повышения жесткости их смазочного слоя уменьшением глубины клинового зазора.

К недостаткам этих подшипников следует отнести изменение характеристик вследствие износа клиновых скосов и трудности получения клиновых скосов малой глубины. Первый недостаток может быть сведен к минимуму обеспечением качественной смазки и снижением шероховатости. Второй недостаток устраняется при изготовлении клиновых скосов механическим путем с помощью специальных приспособлений.

В процессе исследования необходимо изучить поведение упорного диска подшипника и давление в смазочном слое, а также входного и выходного давления компрессора, при переходных (нестационарных) режимах – при пуске компрессора, останове, а также при сильных

вибрациях с низкой частотой (помпаж), в режиме «реального времени», т.е. в зависимости от времени проведения эксперимента.

Стенд для проведения испытаний находится в боксе №4 ЗАО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» (рис. 1, 2).



Рис. 1 – Стенд для испытания упорных подшипников скольжения

Рабочий агент – воздух.

Давление максимальное на нагнетании – 0,3 МПа.

Обороты максимальные ротора ступени – 25 000 об/мин.

Диаметр колеса – до 300 мм.

Расположение колеса – консольное.

Мощность электродвигателя – 500 (700) кВт.

Измерительный стенд первоначально предназначен для исследования газодинамики центробежных ступеней. С целью изучения динамических характеристик упорного подшипника изготовлен испытательный образец с отверстиями под датчики и установлен на посадочное место быстроходного ротора мультипликатора стенда. Упорный подшипник (рис. 3) двухсторонний, с неподвижными подушками. Подушки имеют клиновой скос определенной глубины, количество подушек – 8. Подшипники являются

односторонними по направлению прикладываемой нагрузки и имеют определенное направление вращения.

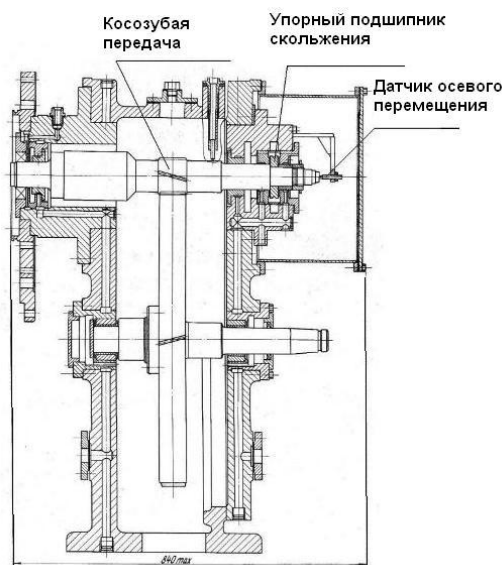


Рис. 2 – Мультипликатор и расположение датчика осевого перемещения

Стенд представляет собой установленный на раме мультипликатор в сборе, включающий в себя корпус со встроенной зубчатой передачей и расположенной консольно-сменной центробежной ступенью, безлопаточный диффузор, кольцевую сборную камеру и отводящий трубопровод, а также электропривод. К мультипликатору могут устанавливаться сменные ступени для испытания различных вариантов рабочих колес. Мультипликатор и электродвигатель соединены зубчатой муфтой.

Привод осуществляется от двигателя постоянного тока с переменным числом оборотов. Опора – мультипликатор, одноступенчатый, с эвольвентным зубчатым косозубым зацеплением. Служит для повышения оборотов ротора ступени. Стенд имеет большую мощность привода (500 кВт), позволяет испытывать упорный подшипник в широком диапазоне частот – до 25000 об/мин.

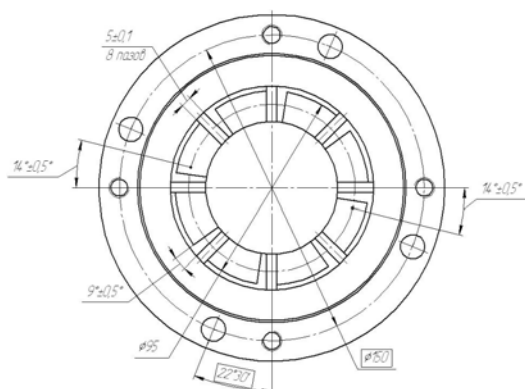


Рис. 3 – Исследуемый упорный подшипник скольжения с неподвижными подушками

Система автоматики обеспечивает контроль над параметрами и аварийную остановку стенда при

превышении заданных величин определенных значений. Она спроектирована таким образом, что состоит из двух отдельно функционирующих современных измерительных систем – снятие характеристик проточной части компрессора посредством многоканальной аппаратуры Catman и измерение характеристик упорного подшипника скольжения с фиксированными клиньями посредством измерительного блока MGCplus, позволяющего одновременно получать и обрабатывать различные параметры. Все данные записываются на жесткий диск компьютера в зависимости от времени проведения эксперимента для их дальнейшей обработки. По результатам экспериментов в дальнейшем необходимо совместить основную характеристику компрессора с замеренными параметрами самого подшипника, чтобы определить поведение масляного слоя при переменном нагружении.

В процессе исследования упорного подшипника необходимо произвести замеры следующих величин:

1. амплитуду осевого перемещения упорного диска подшипника при переходных процессах под влиянием знакопеременной нагрузки - при пуске компрессора, выбеге, а также в зоне помпажа и при стационарной работе компрессора, при помощи вихретокового датчика перемещения, приложенного к торцу быстроходного вала мультипликатора;
2. измерение статического и динамического давления масляного слоя по среднему радиусу в двух радиально расположенных подушках рабочей и нерабочей сторон подшипника. Всего в 4-ех рабочих точках;
3. давление на входе и выходе из ступени при помощи манометров Метран;
4. температуру масляного слоя по среднему радиусу посредством впаянных термодпар.

Перед исследованиями проведены измерения геометрии испытуемого образца упорного подшипника с целью проверки изготовления клиновых скосов и чистоты проведения эксперимента.

Для измерения давления масляного слоя используются пьезорезистивные датчики марки ТДАС-006-5-Д(А) ООО НПФ «Интелсенс» (рис. 4). Они позволяют измерять давление до 100 кгс/см², имеют малые габариты (диаметр 3,6 мм) и способны работать в широком диапазоне температур.

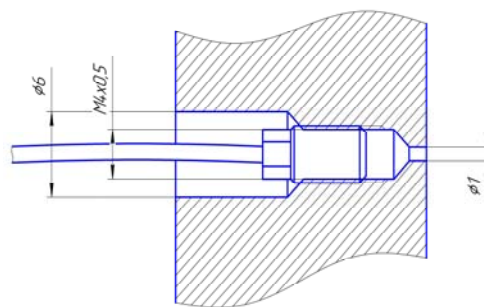


Рис. 4 – Датчик давления ТДАС-006-5-Д(А)

Предполагается разработать новую методику расчета упорных подшипников скольжения как с фиксированными клиньями, так и с самоустанавливающимися подушками. Необходимо провести параметрический анализ составленной программы расчетов и сверить с полученными экспериментальными данными.

Изучение переходных процессов поможет решить проблему увеличения ресурса работы при пуске и останове существующих моделей подшипников, а также в зоне помпажа, что значительно увеличит ресурс и улучшит конструкцию будущих моделей подшипников центробежных и винтовых компрессоров высокого давления.

Литература

1. Хисамеев, И.Г. Создание винтовых компрессорных установок нового поколения/ И.Г. Хисамеев, М.Г. Абдраев, Ю.А. Паранин, М.Т. Садыков, Р.Р.

Якупов//Вестник Казан.технол.ун-та. – 2011. - №17. – С. 199-203.

2. Максимов, В.А. Разработка и утверждение СТП «Упорные подшипники винтовых компрессоров. Типы, основные параметры и размеры»./ В.А. Максимов, М.Б. Хадиев, Л.С. Юхневич //Технический отчет № 1214-78. СКБ по компрессоростроению, г. Казань, 1978. – С. 60-65.
3. Хадиев, М.Б. Изготовление подпятников с плоско-клиновой рабочей поверхностью./ М.Б. Хадиев, В.А. Максимов. //Информационный листок № 375-74 Татарского ЦНТИ, 1978. – С. 30-35.
4. Хадиев, М.Б. Расчет подпятников с плоско-клиновой рабочей поверхностью для винтовых компрессорных машин. / М.Б. Хадиев, В.А. Максимов. //Тезисы докладов IV Всесоюзной научно-технической конференции по компрессоростроению, сумы, 1974. – С. 200-210.
5. Максимов, В.А. Компрессорное и холодильное машиностроение на современном этапе/ В.А. Максимов, А.А. Мифтахов, И.Г. Хисамеев //Вестник Казан.технол.ун-та. – Казань. – 1998. – №1. – С. 50-100.

© Н. В. Соколов - инженер-конструктор III кат., ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», niitk@kazan.ru; М. Б. Хадиев – д-р техн. наук, проф. каф. компрессорных машин и установок КНИТУ, smu@inbox.ru; М. Н. Серазутдинов – д-р техн. наук, проф., зав. каф. теоретической механики и сопротивления материалов КНИТУ, serazmn@mail.ru.