

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 смазкой 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 «НИИтурбокомпрессор 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 термопар. 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.