

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА С УЧЕТОМ АЭРОУПРУГИХ ПРОЦЕССОВ В ЛАБИРИНТНЫХ УПЛОТНЕНИЯХ КОМПРЕССОРА

Черепанов И.Е.¹, Модорский В.Я.¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, cherepanovie@sbiw.ru

Ключевые слова: вибрации ротора, численное моделирование, связанные задачи, газодинамические уплотнения, механика деформируемого твердого тела, газовая динамика.

В работе [1] авторами рассматривается случай возникновения колебаний в компрессоре, находящемся в эксплуатации. При попытке вывести компрессор на номинальный режим работы возникали низкочастотные вибрации, что приводило к аварийному останову. Данный процесс не был выявлен на этапе проектирования и дальнейших заводских испытаний.

Применение известных методик [2] определения дисбаланса ротора и его уравнивания не позволило снизить вибрации до требуемых значений. По результатам проведенного анализа авторы предположили возможность возникновения неконсервативных сил в лабиринтных уплотнениях. Доработка конструкции разгрузочного устройства в виде серии осевых и радиальных отверстий, соединяющих камеру давления с внутренней полостью лабиринтного уплотнения, позволила исключить возникновение низкочастотной вибрации. Проведенные расчеты носили оценочный характер и не отражают физический процесс, приводящий к возникновению вибраций.

В настоящей работе рассматриваются совместно колебательные процессы ротора и давления в газодинамическом зазоре уплотнения путем решения связанной динамической задачи. Исследования выполнялись на численной модели. Рабочее тело – водород. Актуальность данной тематики связана с тенденцией снижения жесткости вращающегося ротора и повышения действующих нагрузок, что ведет к снижению динамической устойчивости, выражающейся в возникновении непрогнозируемых вибраций в рабочем диапазоне работы компрессора. Повышение уровня вибраций снижает надежность работы агрегата и может приводить к его аварийному останову, что приводит к значительным материальным затратам.

При моделировании рассматривалась упрощенная модель ротора и лабиринтного уплотнения, описание которой приводится в работе [3]. Для каждой из подмоделей определены собственные частоты. Результаты показали несовпадение собственных частот ротора и газодинамического зазора.

Дальнейшие исследования проводились для связанной модели ротора и газодинамического зазора уплотнения – на каждом временном шаге происходил обмен перемещениями и газодинамическим давлением между подмоделями. Обнаружено существенное влияние газодинамического зазора на траекторию движения точки на оси вращения ротора. При определенных значениях рабочего давления получены расходящиеся колебания ротора. Рассмотрены процессы при этом происходящие в газодинамическом зазоре. Показано влияние различных параметров на колебательный процесс.

Работа выполнена за счет средств Госзадания №FSNM-2023-0004

Список литературы

1. Кистойчев А.В., Лун-Фу А.В., Урьев Е.В. Устранение причин срыва в низкочастотную вибрацию центробежного нагнетателя на магнитном подвесе // Газовая промышленность. 2016. №1. С. 102–108.
2. Белобородов С.М., Цимберов Д.М., Цельмер М.Л. Экспериментальная проверка динамического состояния валопровода // Вестник Пермского национального

исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение 2017. №4. С. 139–153.

3. Модорский В.Я., Черепанов И.Е., Бабушкина А.В. Влияние газа в зазорах лабиринтных уплотнений на динамическое состояние ротора // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника 2021. №66. С. 106–114.

Сведения об авторах

Модорский В.Я., доктор технических наук, доцент, декан АКФ, профессор кафедры МКМК. Область научных интересов: аэроупругость, связанные задачи, суперкомпьютерное моделирование, обледенение.

Черепанов И.Е., аспирант. Область научных интересов: аэроупругость, связанные задачи, суперкомпьютерное моделирование, вибрации.

NUMERICAL MODELING OF LABYRINTH SEALS AEROELASTIC PROCESSES IN COMPRESSOR

Cherepanov I.E.¹, Modorskii V. Ya.

¹Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russia, cherepanove@sbiw.ru

Keywords: rotor vibrations, numerical simulation, coupled problems, gas-dynamic seals, solid mechanics, gas dynamics.

There are known cases of compressor rotor vibrations that cannot be reduced by using known balancing techniques. It is required to develop new approaches that will make it possible to identify and exclude this vibration type at the design stage. The paper considers an approach to modeling compressor rotor vibrations taking into account the gas-dynamic gap.