

УДК 621.45.02

Математическое моделирование регулируемого стояночного уплотнения криогенного насоса окислителя ЖРД

Алпатов Иван Владимирович^(*) alpatoviv@mai.ru

Московский авиационный институт, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено регулируемое бесконтактное стояночное уплотнение криогенного насоса жидкостного ракетного двигателя. Выполнено математическое моделирование динамики работы уплотнения в процессе повышения режима работы ТНА. Проведена оценка величины силы, действующей на подвижный элемент и необходимой для поддержания заданного массового расхода через уплотнение.

Ключевые слова: стояночное уплотнение, ТНА, ЖРД, жидкий кислород, математическое моделирование

Введение. Растущий интерес к жидкостным ракетным двигателям многократного использования предъявляет новые требования к используемым узлам. Одним из важных узлов, влияющих на возможность многократной безаварийной эксплуатации, в особенности процедуры стартового запуска, является стояночное уплотнение насосов компонентов топлива. Поэтому целью работы являлось математическое моделирование регулируемого стояночного уплотнения насоса окислителя. Уплотнение подобного типа может поддерживать заданный минимальный массовый расход через себя во время работы, что положительно сказывается на эффективности турбины насоса.

Методы и материалы; результаты. Рассматривалось бесконтактное стояночное уплотнение криогенного насоса окислителя жидкостного ракетного двигателя. Рабочим телом является жидкий кислород. Математическая модель уплотнения состоит из гидромеханической подсистемы, описывающей течение рабочего тела в каналах и вычисляющей его параметры и вычисляющей изменение величины осевого зазора под действием результирующей силы, состоящей из гидравлических сил и регулирующей силы от системы регулирования, являющейся второй подсистемой модели.

Применение регулируемого стояночного уплотнения позволит поддерживать на всех режимах работы одинаковый заданный массовый расход. Величина которого задается с минимальным допустимым значением, чтобы во время эксплуатации из-за возможных пульсаций давления рабочего тела и осевого смещения ротора не допускалось касания подвижного элемента уплотнения — «ползуна» с вращающейся ответной частью, расположенной на роторе ТНА. Положение ползуна определяет величину осевого зазора, напрямую влияющего на массовый расход через уплотнение.

Выполнялось моделирование повышения режима работы ТНА от 0 до 100 %. Граничными условиями являлось давление на входе и выходе из

стояночного уплотнения в зависимости от режима работы. Выполнялся подбор оптимальных параметров системы регулирования, обеспечивающих корректную работу уплотнения и высокое быстродействие системы.

Заключение. Составлена математическая модель регулируемого стояночного уплотнения, позволяющая с достаточной степенью детализации описывать динамику работу уплотнения, отрабатывать подходы к поддержанию постоянства массового расхода. Данная модель также позволяет оценивать величину регулирующей силы в зависимости от геометрических и гидравлических параметров уплотнения. Применение подобного подхода к моделированию уплотнения выгодно на этапе предварительного проектирования, для выбора оптимальных параметров уплотнения.

Список источников

- [1] Каналин Ю.И., Полетаев Н.П., Скибин С.А., Чернышева И.А. Численное моделирование работы стояночного уплотнения насоса окислителя двигателя РД191. *Труды НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко*, 2018, № 35, с. 106–120.
- [2] Павлович А.Л., Смекалкин А.С. Разработка динамической математической модели агрегата наддува ЖРД на примере двигателя РД171МВ. *Труды НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко*, 2022, № S38-39, с. 28–47.
- [3] Zhang G., Zhao W. Design and experimental study on the controllable high-speed spiral groove face seals. *Tribology Letters*, 2014, т. 53, № 2, с. 497–509.
- [4] Zhang H., Landers R.G., Miller B.A. Adaptive control of mechanical gas face seals with rotor runout and static stator misalignment. *Journal of Dynamic Systems Measurement and Control*, 2010, vol. 132 (4). <https://doi.org/10.1115/1.4001708>