

УДК 621.454

Обеспечение антикавитационных качеств бустерных турбонасосных агрегатов при работе на кипящих компонентах топлива

Асеев Андрей Александрович

afanasev.a.a@kbbkhabrn.ru

Афанасьев Александр Александрович^(*)

afanasev.a.a@kbbkhabrn.ru

Космачев Юрий Петрович

kosmachev.u.p@kbbkhabrn.ru

АО КБХА, Воронеж, Россия

Аннотация. Представлены результаты расчетных исследований кавитационной стойкости бустерных турбонасосных агрегатов ЖРД при работе на кипящем водороде и кипящем сжиженном природном газе (СПГ). Исследования включали в себя разработку математической модели, позволяющей анализировать нестационарные режимы работы агрегатов подачи. В ходе расчетов разработаны рекомендации по профилированию проточной части насосов и проведена оценка предельного паросодержания в компонентах топлива, при которой агрегаты будут сохранять свою работоспособность.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, турбонасосный агрегат, кавитация, математическое моделирование, цифровой двойник

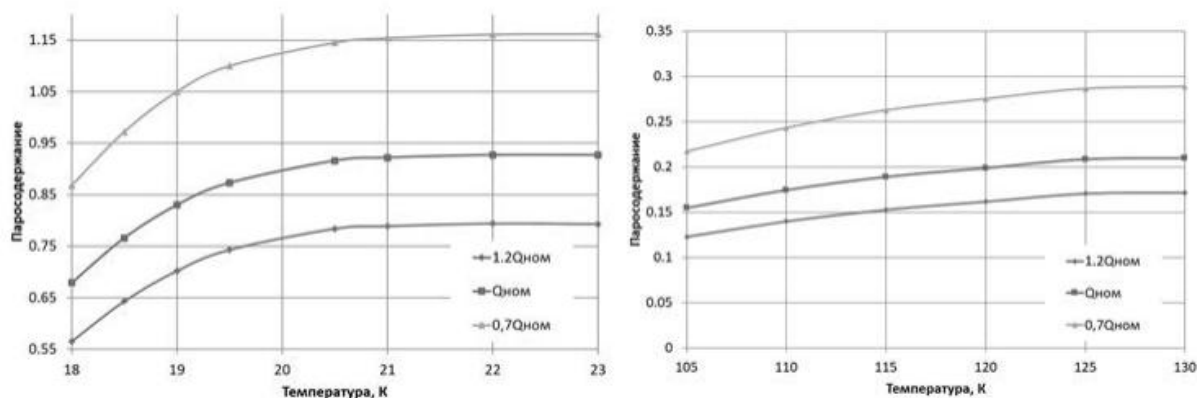
Введение. Повышение кавитационной стойкости агрегатов подачи — это один из важных вопросов, определяющих надежность ЖРД, и энергомассовые характеристики ракет-носителей. Данной задаче посвящено множество работ российских и зарубежных исследователей [1, 2].

Одной из важных задач при создании двигателей верхних ступеней ракет-носителей, является обеспечение кавитационной стойкости системы подачи горючего при минимально возможных входных давлениях в двигатель, не превышающих давления насыщенных паров компонента. Данная задача успешно решена в АО КБХА для водорода [3] и проведены расчетные оценки для СПГ.

Методика и результаты исследований. В ходе исследований была разработана комбинированная расчетно-экспериментальная методика кавитационных испытаний агрегатов подачи на кипящем водороде и кипящем СПГ с предельно высоким паросодержанием. Данная методика включает: сравнительный анализ профилировок рабочего колеса насоса с помощью CFD-моделирования [4]; динамическую математическую модель установки для исследования антикавитационных качеств насоса; циклические кавитационные испытания на кипящих компонентах топлива.

Разработано программное обеспечение, позволяющее проводить компьютерное моделирование нестационарных режимов работы агрегатов подачи на кипящем водороде и кипящем СПГ. По результатам моделирования отмечено, что при увеличении температуры компонента, увеличивается максималь-

ное паросодержание, при котором насос сохраняет свою работоспособность. Зависимости максимального относительного паросодержания от температуры на различных расходах показаны на рисунке.



Зависимость максимального паросодержания от температуры:
слева — жидкий водород, справа — СПГ

Закключение. По результатам проведенных расчетно-экспериментальных работ подтверждено, что значение максимального объемного паросодержания на входе в бустерный турбонасосный агрегат (БТНА), при которых обеспечивается его работоспособность на кипящем водороде, может достигать ~50–115 %. При работе на кипящем СПГ специально спрофилированные оседагональные колеса позволяют обеспечить требуемый напор БТНА при паросодержании ~10–30 %.

Список источников

- [1] Демьяненко Ю.В. Экспериментальные исследования антикавитационных качеств осевых насосов на жидком водороде. *Ракетно-космическая техника и технология. Рос. науч.-техн. конф.: сб. тр.* Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 2009, с. 27–34.
- [2] Tani N., Tsuda Sh., Yamanishi N., Yoshida Y. Development and validation of new cryogenic cavitation model for rocket turbopump inducer. *CAV2009*, 2009, art. no. 63.
- [3] Демьяненко Ю.В., Космачев Ю.П., Афанасьев А.А. Исследование антикавитационных характеристик агрегатов подачи кислородно-водородного двигателя, работающих на кипящем водороде. *Космическая техника и технологии*, 2020, № 3 (30), с. 35–44.
- [4] Демьяненко Ю.В., Попков А.Н., Афанасьев А.А. Применение кавитационной модели Релея-Плессета для исследования течения криогенной жидкости в трактах шнекоцентробежного насоса. *Вестник Воронежского государственного технического университета*, 2017, т. 13, № 2, с. 44–49.