

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАВИТАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ, АДАПТИРОВАННАЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В НАСОСНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ БОЛЬШИХ ЧИСЛАХ КАВИТАЦИИ

Институт технической механики

Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: dolmrut@gmail.com

Статья посвящена математическому моделированию низкочастотных динамических процессов в насосах жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Целью данной работы является разработка гидродинамической модели кавитационных колебаний, адаптированной для моделирования динамических процессов в насосных системах при больших числах кавитации. Для достижения этой цели проведена корректировка экспериментально-расчетной зависимости упругости кавитационных каверн от режимных параметров насоса в области больших значений чисел кавитации, включающей число кавитации, при котором появляются кавитационные каверны в шнекоцентробежном насосе. Согласно экспериментально-расчетному способу определения упругости и объема кавитационных каверн в шнекоцентробежных насосах определена зависимость объема кавитационных каверн от режимных параметров насоса. Получено уравнение динамики кавитационных каверн в дифференциальной форме. Его применение при расчетах процесса запуска ЖРД позволяет: использовать полученные аналитические зависимости в нелинейной гидродинамической модели; учитывать податливость жидкости (на бескавитационном режиме работы насоса) в линии питания без изменения структуры математической модели процесса запуска ЖРД и скачкообразного изменения значений коэффициентов уравнений. Результаты проведенных исследований могут быть использованы для учета влияния кавитационных явлений в насосах при расчетах процесса запуска ЖРД.

Ключевые слова: жидкостной ракетный двигатель, шнекоцентробежный насос, кавитация, кавитационные колебания, число кавитации, запуск, математическое моделирование.

1. Пилипенко В. В., Задонцев В. А., Натанзон М. С. Кавитационные колебания и динамика гидросистем. М.: Машиностроение, 1977. 352 с.
2. Пилипенко В. В. Кавитационные автоколебания. К.: Наук. думка, 1989. 316 с.
3. Шевяков А. А., Калинин В. М., Науменкова М. В., Дятлов В. Г. Теория автоматического управления ракетными двигателями. М.: Машиностроение, 1978. 288 с.
4. Беляев Е. Н., Чванов В. К., Черваков В. В. Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей. М.: МАИ, 1999. 228 с.
5. Пилипенко В. В. О механизме самовозбуждения кавитационных автоколебаний в системе шнекоцентробежный насос – трубопроводы на режимах без обратных токов. Косм. исслед. на Украине. 1975. Вып. 7. С. 3 – 10.
6. Пилипенко В. В. Экспериментально-расчетный способ определения упругости и объема кавитационных каверн в шнекоцентробежных насосах. Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. 1976. № 3. С. 131 – 139.
7. Григорьев Ю. Е., Пилипенко В. В. Экспериментально-расчетное определение упругости кавитационных каверн в шнекоцентробежных насосах на режимах с обратными течениями. Динамика насосных систем. К.: Наук. думка, 1980. С. 37 – 46.
8. Пилипенко В. В., Долгополов С. И. Экспериментально-расчетное определение коэффициентов уравнения динамики кавитационных каверн в шнекоцентробежных насосах различных типоразмеров. Техническая механика. 1998. № 8. С. 50 – 56.
9. Задонцев В. А., Долгополов С. И., Грабовская Т. А., Дрозд В. А. Влияние расположения датчиков при определении частотных характеристик кавитирующих насосов. Авиационно-космическая техника и технология. 2007. 3(39). С. 85 – 90.
10. Пилипенко В. В., Долгополов С. И. Математическое моделирование запуска жидкостного ракетного двигателя РД-8 с учетом кавитации в насосах. Техническая механика. 2003. №2. С. 18 – 24.
11. Пилипенко В. В., Довгоцько Н. И., Долгополов С. И., Николаев А. Д., Серенко В. А., Хоряк Н. В. Теоретическое определение амплитуд продольных колебаний жидкостных ракет-носителей. Космічна наука і технологія. 1999. Т. 5. № 1. С. 90 – 96.
12. Пилипенко В. В., Довгоцько Н. И., Николаев А. Д., Долгополов С. И., Хоряк Н. В., Серенко В. А. Теоретическое определение динамических нагрузок (продольных виброускорений) на конструкцию жидкостной ракеты РС-20 на активном участке траектории её полёта. Техническая механика. 2000. № 1. С. 3 – 18.
13. Чумак Г. А. О расчете разгона шнекоцентробежного насоса с учетом кавитации. Кавитационные автоколебания и динамика гидравлических систем. К.: Наук. думка, 1977. С. 84 – 89.

14. *Zadontsev V. A.* Experimental Study of LR Pump at Cavitation Autooscillations Regimes. Proceedings of Third China-Russia-Ukraine Symposium on Astronautical Science and Technology, XI' AN China, September 16 – 20. 1994. P. 285 – 287.
15. *Боровский Б. И., Еришов Н. С., Овсянников Б. В., Петров В. И., Чебаевский В. Ф., Шапиро А. С.* Высокооборотные лопаточные насосы. М.: Машиностроение, 1975. 336 с.