

УДК 629.7.063.6

Исследование форм заборных каналов тотальной капиллярной системы отбора жидкости баков космических аппаратов

Айхлер Артем Александрович^(*)

a_artem2005@mail.ru

Белов Глеб Витальевич

gbelov@yandex.tu

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Одним из наиболее эффективных вариантов системы отбора жидкости из бака космического аппарата в условиях микрогравитации является тотальная капиллярная система отбора жидкости. В работе рассмотрено влияние различных форм каналов из капиллярной сетки на протекание топлива в окрестности канала, а также получен ряд аппроксимационных соотношений для исследованных форм каналов

Ключевые слова: системы отбора жидкости, капиллярные фазоразделители, топливные системы, космические аппараты, моделирование.

Введение. В условиях микрогравитации жидкое топливо движется в баке хаотично и перемешивается с газом наддува. Для нормальной работы двигательной установки необходимо обеспечить забор топлива из бака без газовых включений. Одним из эффективных вариантов реализации разделения фаз является использование тотальной капиллярной системы отбора жидкости, представляющей из себя множество заборных каналов, выполненных из капиллярного фазоразделителя (сетки) [1]. В настоящее время нет четких критериев, на основе которых можно выбрать форму канала, а далее определить необходимое давление наддува и объем незабора топлива из бака. Работа нацелена на определение подобных критериев, путем рассмотрения ряда возможных вариантов формы канала, и выполнена в рамках создания проекта малогабаритного спускаемого аппарата «Зарянка» коллективом Молодежного космического центра.

Материалы и методы; результаты. Для исследования на основе соотношений, приведенных в работе [2], была создана и рассмотрена математическая модель, описывающая поведение жидкости в баке в окрестности заборного канала (стационарное течение). Для упрощения численных расчетов задача была редуцирована до двумерной, рассматривалось течение жидкости в плоскости, перпендикулярной направляющей поверхности капиллярного канала.

С целью выбора конкретных форм были определены ограничения по форме сечения канала (сечение канала должно представлять собой симметричный многоугольник) и подобно [3] определены формы менисков жидкости, удерживаемой вне капиллярного канала и необходимой для запуска двигателя до осаждения топлива, на их основе выбран и рассмотрен ряд форм (сечений) заборных каналов.

При помощи математического пакета Wolfram Mathematica для выбранных форм сечений выполнялось численное решение двумерной системы уравнений Навье – Стокса для стационарного случая. На основе полученных решений определялась связь между условиями в баке (граничными условиями), объемом топлива, протекающим через сечение канала и условиями прорыва фазоразделителя.

Для каждой из форм исходя из анализа численных решений были получены аппроксимационные соотношения, позволяющие определить характеристики заборной системы в целом, и как следствие, массу незабора и давление газа наддува при различных условиях работы.

Заключение. В работе на основе численного моделирования получены критерии и аппроксимационные соотношения, позволяющие определить форму заборного канала капиллярной системы отбора жидкости в баке космического аппарата.

Список источников

- [1] Hartwig J.W. A Detailed Historical Review of Propellant Management Devices for Low Gravity Propellant Acquisition. *52nd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference*, 2016, no. AIAA 2016-4772. <https://doi.org/10.2514/6.2016-4772>
- [2] Багров В.В., Курпатенков А.В., Поляев В.М., Синцов А.Л., Сухоставец В.Ф. *Капиллярные системы отбора жидкости из баков космических летательных аппаратов*. Москва, УНПЦ «ЭНЕРГОМАШ», 1997, 328 с.
- [3] Александров Л.Г., Константинов С.Б., Корольков А.В., Сапожников В.Б. Топливный бак с капиллярным внутрибаковым устройством космической двигательной установки. *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*, 2021, № 4 (54), с. 15–21. <https://doi.org/10.26162/LS.2021.54.4.003>