

УДК 629.7.036.54

О МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ НАНОСПУТНИКОВ

© Максимов А.Д.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: asdds2014@mail.ru

В настоящее время для выполнения разнообразных космических миссий все чаще вместо малых космических аппаратов (КА) используются аппараты класса микро и нано. Среди аппаратов нанокласса наиболее широкое распространение получили спутники формата CubeSat, на которые приходится 92 % всех спутников подобного формата. Для выполнения многих задач от КА требуется его быстрая ориентация в пространстве, изменение положения или орбиты. Оснащение аппарата двигательной установкой позволит обеспечить высокую динамику исполнения команд. В дополнение к этому оборудование также позволит спутникам летать формацией и совершать деорбитальные маневры в конце срока существования.

Потенциальными ДУ для наноспутников могут быть следующие варианты:

- ДУ на сжатом газе;
- ДУ на сжиженном газе;
- Однокомпонентные жидкостные ДУ;
- Двухкомпонентные жидкостные ДУ на базе ЖРДМТ;
- Электрореактивные ДУ на базе СПД;
- ДУ на твердом топливе;
- Ионная ДУ;
- Импульсно-плазменная ДУ;
- ДУ на водной основе.

Ввиду формата спутника имеются жесткие ограничения по массово-габаритным характеристикам. При использовании электрореактивных ДУ на базе СПД масштабирование ведет к существенному снижению коэффициента полезного действия, в свою очередь размер такого оборудования все еще слишком велик. Ионная и импульсно-плазменные установки требуют высокого уровня подводимой энергии, а также больших и тяжелых аккумуляторных батарей.

Таким образом, наиболее целесообразно использовать ДУ на химических принципах, основными преимуществами которых являются простота, приемлемый уровень тяги для ориентации вокруг центра масс и самого центра масс, а также тот факт, что энергия уже заключена в рабочем теле. Для наглядности на рисунке представлены структурные схемы ДУ на сжатом газе и на однокомпонентном топливе.

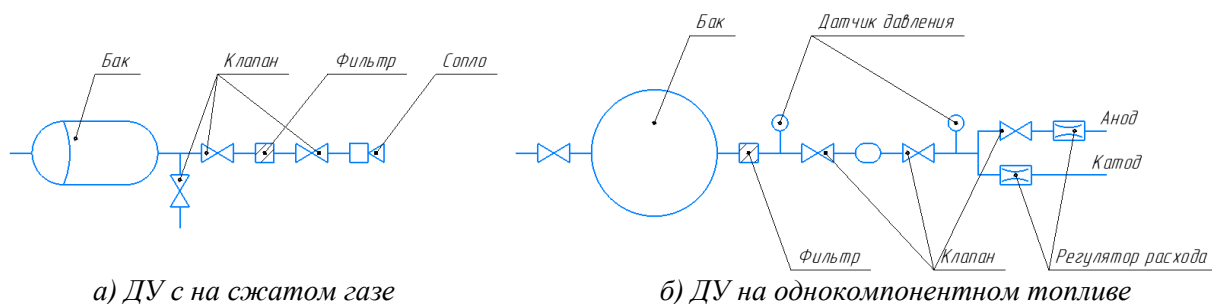


Рис. Структурные схемы

Таким образом, создание ДУ заключается в разработке и расчете следующих агрегатов: 1) системы хранения и подачи; 2) системы автоматического управления; 3) гидравлических магистралей; 4) двигателя и его элементов.

Система хранения и подачи включает в себя бак, заправочные горловины, а также датчики давления и температуры. Наибольшей проблемой в случае газовых ДУ является проектирование бака, так как он должен выдерживать значительное давление, но в то же время иметь малые размеры и массу. В таком случае возможно использовать сжиженный газ, плотность которого больше ввиду жидкого агрегатного состояния, вместо обычного, либо изменение обычной конструкции бака. При использовании однокомпонентного топлива для поддержания постоянного уровня тяги необходим баллон с газом наддува. В настоящее время использует один бак с двумя полостями, а в качестве газа наддува для сохранения давления в газовой полости используют пропан-бутановую смесь.

Для управления потоками жидкостей чаще всего используют электромагнитные клапаны. Они обеспечивают большое количество циклов и высокую скорость срабатывания, однако после первого срабатывания герметичность становится на порядок меньше, а также их стоимость достаточно велика. При их проектировании руководствуются ОСТАми, но в настоящее время также применяются современные средства для расчета магнитной и гидравлической систем, в частности ANSYS. При изготовлении все чаще прибегают к микроэлектромеханическим системам (МЭМС), которые позволяют достичь достаточной точности.

При расчете гидравлических магистралей используются основные уравнения гидро- и газодинамики (уравнение Навье–Стокса, уравнение неразрывности, уравнение сохранения энергии). Однако при столь малых диаметрах шероховатость поверхности и отклонение от формы оказывают значительное влияние на величину падения давления в магистралах. В настоящее время проблема решается путем проведения проливочных испытаний.

При проектировании двигателя крайне важно построить оптимальный внутренний профиль камеры. При столь низких тягах диаметр критического состояния может составлять десятые доли миллиметра. Таким образом, нельзя игнорировать допущения, принимаемые при расчете обычных двигателей с нулевой скоростью на стенках и сплошностью среды. Характер течения в сопле переходит на молекулярный уровень, поэтому появляется необходимость в разработке модели, описывающей дискретный характер течения рабочего тела, и модели неравновесного течения.

Обобщая все вышесказанное, можно сделать вывод, что необходимо разработать новые методы и средства создания ДУ для наноспутников, которые учитывают эти особенности.