

Р. Х. Зиятдинов, Ю. Ф. Коротков, М. А. Мухаметзянов,
А. У. Шагивалеев

РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Ключевые слова: реактивный двигатель, водометный двигатель, поршневой акустический нагнетатель.

Рассмотрены различные типы реактивных двигателей и особенности их работы. Анализируется принцип действия водометного двигателя, использующего эффект кальмара. Предложен аналог водометного двигателя с использованием акустического поршневого нагнетателя.

Keywords: reactive engine, pump-jet propulsion unit, gas piston acoustic supercharger.

Comparative analyses of different type reactive engines is made. Arregment of pump-jet propulsion unit is analysed. Analogia of pump-jet propulsion unit on the base of the gas piston acoustic supercharger is suggested.

Реактивные двигатели

Реактивным двигателем (движителем) называют двигатель, создающий необходимую для движения аппарата силу тяги путём преобразования исходной (потенциальной) энергии первичного источника в кинетическую энергию реактивной струи рабочего тела. В результате истечения из сопла реактивного двигателя струи появляется реактивная сила в виде реакции (отдачи) струи, толкающая двигатель с аппаратом в противоположную выбрасываемой из сопла струе сторону.

Известны следующие классы реактивных двигателей:

- ракетный двигатель, в котором все компоненты рабочего тела находятся на борту аппарата, что даёт возможность двигаться такому аппарату в космическом, воздушном, надводном или подводном пространствах;
- воздушно-реактивный двигатель, в котором источниками первичной энергии являются топливо и заборный воздух, а рабочим телом – продукты сгорания воздушно-топливной смеси;
- гидро-реактивный двигатель (водомет), в котором в качестве источника первичной энергии и рабочего тела используется заборная вода;
- электрический реактивный двигатель.

На рис.1 изображен космический аппарат с ракетным двигателем [1], в котором в качестве окислителя используется жидкий кислород, а в качестве рабочего тела – жидкий водород.

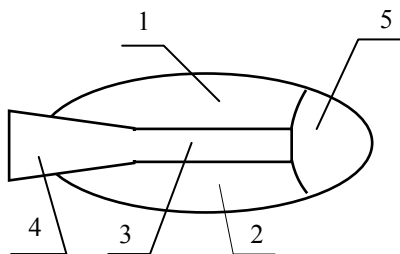


Рис. 1 - Космический аппарат с ракетным двигателем: 1 – камера с жидким топливом – водородом; 2 – камера с жидким окислителем – кислородом; 3 – камера смешения и сгорания компонентов рабочего тела; 4 – сопло; 5 – кабина астронавтов

В камере смешения (химическом реакторе) происходит освобождение химической энергии топлива и её преобразование в тепловую энергию газов.

В реактивном сопле тепловая энергия продуктов сгорания смеси топливо-окислитель переходит в их кинетическую энергию, когда продукты сгорания выбрасываются из сопла с большой скоростью наружу, создавая реактивную тягу.

К недостаткам ракетного двигателя следует отнести высокую пожаро-взрывоопасность, низкую надежность, большую металлоёмкость, сложность конструкции и высокую стоимость изготовления космического аппарата в целом.

Воздушно-реактивный двигатель является тепловым двигателем, использующим энергию окисления горючего топлива кислородом воздуха, забираемого из атмосферы. Рабочее тело двигателя представляет собой смесь продуктов горения с остальными компонентами забранного воздуха.

На рис.2 схематически изображен воздушно-реактивный двигатель [2].

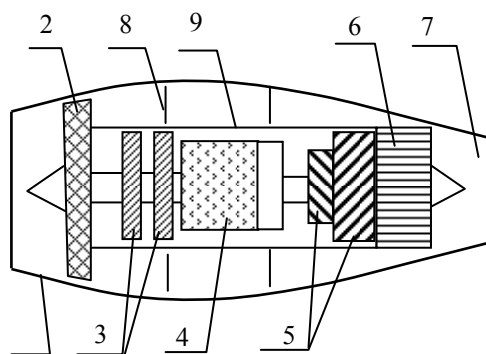


Рис. 2 - Воздушно-реактивный двигатель: 1 – корпус, 2 – вентилятор; 3 – компрессоры низкого и высокого давления; 4 – камера сгорания; 5 – турбина; 6 – смеситель; 7 – сопло; 8 – опора; 9 – кожух

Вентилятор 2 осуществляет первичный забор воздуха и охлаждение всего двигателя путем прокачивания этого воздуха между кор-

пусом 1 и кожухом 9, в котором размещены сборочные узлы двигателя. За вентилятором находятся компрессоры 3, которые нагнетают воздух под большим давлением в камеру сгорания 4. Камера сгорания выполняет роль карбюратора, в котором топливо смешивается с воздухом, и образующаяся смесь поджигается и возгорает. Из камеры сгорания сгорающая топливно-воздушная смесь поступает в турбину, вращающую вал вместе с вентилятором и компрессорами. За турбиной с помощью смесителя 6 происходит интенсивное смешение потоков холодного воздуха с продуктами сгорания топливно-воздушной смеси. Рабочее тело в виде струи выбрасывается из сопла двигателя наружу, создавая реактивную тягу.

К недостаткам воздушно-реактивного двигателя следует отнести высокую пожароопасность, загрязнение атмосферы продуктами сгорания топливно-воздушной смеси, большую вероятность поломки двигателя из-за попадания в него птиц и высокую стоимость изготовления компрессорно-турбинного блока.

Воздушно-реактивный двигатель используется на реактивных самолетах, на морских судах с подводными крыльями и на воздушных подушках, а также на автомашинах, очищающих взлетно-посадочные полосы аэродромов от льда и снега.

Гидро-реактивный двигатель от ракетных и воздушно-реактивных двигателей отличается тем, что в качестве первичных источников энергии и рабочего тела используется заборная вода.

На рис.3 схематично изображено морское судно с гидро-реактивным двигателем [3].

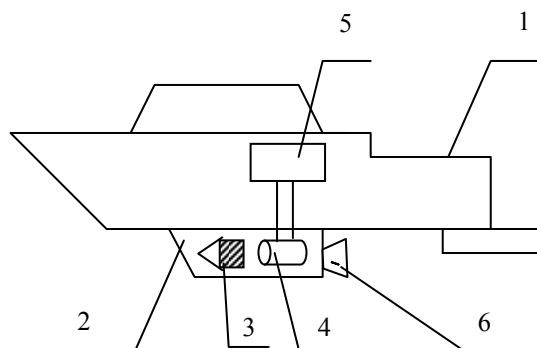


Рис. 3 - Морское судно с гидро-реактивным двигателем: 1 – судно; 2 – кожух двигателя; 3 – вентилятор; 4 – электродвигатель; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – сопло

Гидро-реактивный двигатель устанавливается под морским судном и находится постоянно под водой. Водозаборная часть кожуха 2 двигателя обращена в сторону движения судна. Питание электродвигателя 4 осуществляется переменным током от аккумуляторной батареи 44. Электродвигатель вращает лопасти вентилятора 3 благодаря чему происходит интенсивный забор воды извне и выброс её через сопло 6 двигателя наружу.

Недостатки гидро-реактивного двигателя – это необходимость надёжной герметизации находящегося под водой электрооборудования и большие энергозатраты.

Гидро-реактивный двигатель может устанавливаться также на подводных лодках и на ракето-торпедах.

Из гидро-реактивных двигателей наибольший интерес заслуживают двигатели, принцип работы которых подобен действиям кальмара во время его передвижения под водой [4].

Кальмара относят к головоногим моллюскам. Он использует реактивный принцип движения. В результате периодических сокращений брюшных мышц мантийная полость у кальмара сжимается. В полость мантии вода поступает через её открытую горловину или воротник. Затем воротник смыкается, мышцы мантии резко сокращаются, и вода продавливается за мантию. Находящаяся за мантией вода с большой силой выбрасывается через мантийный сифон наружу, образуя мощную струю воды, направленную в сторону, противоположную движения кальмара.

Авторы статьи полагают, что для реализации аналога водомётного двигателя, основанного на «эффекте кальмара», можно предложить использование поршневого акустического нагнетателя. Принцип работы и устройство такого нагнетателя описаны в [5-8].

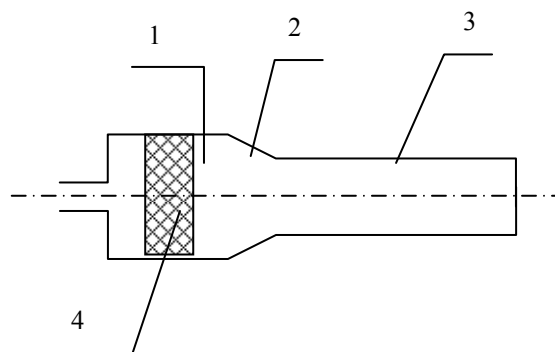


Рис. 4 - Поршневой акустический нагнетатель газа: 1 – рабочая камера; 2 – конусный переходник; 3 – труба; поршень

В рабочей камере 1 поршень 4 совершает колебательное движение. В период всасывания, чему соответствует ход поршня от трубы 3, газ извне нагнетателя устремляется в трубу. В период нагнетания, чему соответствует ход поршня к трубе, газ выбрасывается из трубы. В резонансном режиме работы нагнетателя, соответствующего совпадению вынужденной частоты колебаний поршня с собственной частотой колебаний столба газа в нагнетателе, выбрасываемая струя газа обладает большой кинетической энергией. Особенностью работы поршневого акустического нагнетателя газа является то, что газовая струя выбрасывается из трубы сплошным потоком и без каких-либо заметных пульсаций, обладая большой ударной способностью. Втекание же газа в трубу при почти непрерывном вытекании его из трубы слабо ощу-

тимо. Результаты теоретических и экспериментальных исследований поршневого акустического нагнетателя газа дают основание полагать, что такой нагнетатель вполне можно использовать, как гидрореактивный двигатель. Его работа под водой подобно действию кальмара во время его подводного полёта.

Литература

1. Шаталов В., Ребров М. Космос: Рабочая площадка. – М.: Детская литература, 1978. – 127 с.
2. Кулагин В.В. Теория расчёта и проектирования авиационных двигателей и энергетических установок. – М.: Машиностроение, 2005. – 464 с.
3. Куликов С.В., Храмкин М.Ф. Водомётные движители. Теория и расчет. – Л.: Судостроение, 1980. – 314 с.
4. Моллюски. Энциклопедический словарь в 86-и томах. – СПб, 1907.
5. Коротков Ю.Ф. Резонансные колебания пульсирующих течений / Ю.Ф.Коротков, О.В.Козулина, М.Г.Кузнецов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. – Т.14, №3. – с. 146-152.
6. Чижевский А.А. Энергосберегающий поршневой нагнетатель газа / А.А.Чижевский, Р.Г.Галиуллин, В.М.Ларионов, Ю.Ф.Коротков, А.Н.Николаев // Промышленная энергетика. – 2010. – №10. – с.34-36.
7. Ермаков Р.А. Нагнетатель газа, выполненный на базе поршневого акустического нагнетателя / Р.А.Ермаков, Р.Г.Галиуллин, В.М.Ларионов, А.Н.Николаев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. Вып.7. – с.23-25.
8. Кузнецов М.ТГ. Расчёт энергоэффективности поршневого акустического нагнетателя газа / М.Г.Кузнецов, Р.А.Ермаков, Р.Г.Галиуллин, О.В.Козулина, А.А.Овчинников, В.М.Ларионов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т.15, №2. – с.25-27.

© **Р. Х. Зиятдинов** – канд. техн. наук, доц. каф. физики КНИТУ, kunata1980@mail.ru; **Ю. Ф. Коротков** – канд. техн. наук, доц. каф. оборудования пищевых производств КНИТУ; **М. А. Мухаметзянов** – канд. техн. наук, доц. каф. производства и аппаратов химической технологии КНИТУ; **А. У. Шагивалеев** – канд. техн. наук, доц. каф. оборудования пищевых производств КНИТУ.