

ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ В ЛАЗЕРНЫХ И СВЧ ЛУЧАХ

Г.А.Аскаръян, Н.П.Дацкевич, Е.К.Карлова,
Г.П.Кузьмин, С.М.Никифоров

Предложена и продемонстрирована возможность использования лучей лазеров и СВЧ для воздухоплавания – создания или увеличения подъемной архимедовой силы, использования радиометрического или факельного давления для создания направленного движения или направленного подъема воздухоплавающих объектов.

В последнее время предложены различные варианты использования лучей лазеров для приведения в движение и ускорения до космических скоростей тел под действием светореактивного давления при испарении (предложено в [1] и реализовано в [2] для случая ускорения макронов, предложено в [1] для управления спутниками и в [3 – 5] для лазерного разгона ракет), ускорения давлением светового факела или искры (предложено в [2] и развито для ракет в [4 – 6]) и т.п. К сожалению, для приведения в быстрое движение тел большой массы все эти способы требуют гигантских, в настоящее время недостижимых мощностей и энерговыделений.

Однако, в случае аппаратов, использующих подъемную архимедову силу, для подъема и направления движения требуются лазерные лучи с мощностью и энергией, соизмеримой с выходными данными существующих лазеров.

Действительно, если считать, что объем рабочего вещества $V(p, T)$ зависит от давления p и температуры T внутри оболочки, то можно оценить изменение подъемной силы

$$\Delta F \approx \rho_0 g \Delta V,$$

где ρ_0 – плотность воздуха, g – ускорение силы тяжести. В простейшем случае, когда давление внутри оболочки меняется мало (мягкая, или слабо упругая оболочка) получим

$$\Delta V \approx \left\{ \left[1 + \frac{Q(\gamma-1)}{\rho_0 V_0} \right]^{1/\gamma} - 1 \right\} V_0,$$

где Q – энергovyделение, связанное с поглощением излучения в рабочем газе, оболочке или поглощающих добавках, золях, поглощающих пленках или слоях и т.п.). Тогда

$$\Delta F \approx \rho_0 g V_0 \left\{ \left[1 + \frac{Q(\gamma-1)}{\rho_0 V_0} \right]^{1/\gamma} - 1 \right\} \approx \rho_0 g \frac{(\gamma-1)Q}{\gamma \rho_0} \quad \text{при } Q(\gamma-1)/\rho_0 V_0 \ll 1,$$

где γ – коэффициент адиабаты газа внутри оболочки т.е.

$$\Delta F/Q \approx 5 \text{ дин/дж} \approx 5 \text{ Г/кдж} \approx 5 \text{ кГ/Мдж}.$$

Поскольку изменение объемной силы обычно применяется к объектам, у которых вес сбалансирован с подъемной силой, видно, что уже начиная с энергovyделений от десятков и сотен килоджоулей можно управлять подъемом или спуском даже больших объектов в широких пределах. Такие энергovyделения могут быть обеспечены в импульсном или квазинепрерывном режиме, например, с помощью газовых, газодинамических, химических и др. лазеров. Например, при мощности CO_2 -лазера порядка сотен киловатт достаточны экспозиции порядка секунд или десятков секунд. Отметим, что время ухода тепла достаточно велико и резко увеличивается с увеличением размеров объекта, что позволяет использовать длительно и меньшие мощности.

Был поставлен демонстрационный эксперимент по управлению подъемной силой. Шар, содержащий газ легче воздуха (гелий, гелий с добавками поглощающего газа Sr_6^+) объемом $V = 10^4 \text{ см}^3$ и уравновешенный грузиком, помещался на пути луча мощного импульсного лазера [7], дающего до 3 кдж за $\sim 1 \text{ мксек}$. Стенки оболочки шара слабо поглощали излучение лазера, однако после вспышки лазера шар поднимался вверх и время полета его доходило до 30 сек, после чего шар медленно опускался. Скорость подъема шара составляла $1,5 \div 2 \text{ м/сек}$; полагая, что скорость движения пропорциональна действующей силе и определяя, под действием какого грузика шар идет вниз с такой же скоростью можно было оценить подъемную силу и энергию, выделившуюся в шаре. Оценки показали, что подъемная сила была $\Delta F \approx 3 \text{ Г}$, что соответствовало поглощению до 600 дж.

Кроме архимедовой силы может быть использована для подъема и направленного движения так называемая радиометрическая сила, связанная с отбрасыванием среды от нагретой поверхности оболочки или специальной мишени, а также газодинамическое давление при зажигании лазерного факела. По порядку величины давление $p \sim \rho_0 u^2$, где ρ_0 и u – плотность и скорость движения газа, отбрасываемого от поверхности. Эти силы в нефокусированных лучах малы для осуществления задач [3 – 6], но в нашем случае вполне достаточны.

Возможно зажигание факельного разряда при фокусировании лазерного излучения на каком-либо инициаторе внутри оболочки зеркалом или металлизированной оболочкой и нагрев рабочего вещества таким факелом.

Очевидно, что кроме лазерных лучей могут быть использованы для управления архимедовой или радиометрической силами мощные лучи СВЧ, т.е. возможно обуздание "шаровой молнии Капицы" [8].

Рассмотренные эффекты могут повысить эффективность подъема и предельные высоты шаров-зондов, стратостатов и сделать их полет управляемым с Земли. В частности, возможно увеличение высоты подъема научных шаров с легкими регистрирующими фотоэмульсиями или приборами, обеспечение строго вертикального подъема в трубчатых или нескольких лучах, отжимающих объект к оси (аналог транспортировки в полых лучах, предложенной в [9]) и т.п.

Авторы выражают благодарность проф. Н.В.Карлову за благожелательное отношение к работе, выполненной в его секторе.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
16 августа 1976 г.

Литература

- [1] Г.А.Аскарьян, Е.М.Мороз. ЖЭТФ, 43, 1104, 1962.
- [2] Г.А.Аскарьян, М.С.Рабинович, М.М.Савченко, В.К.Степанов, В.Б.Студенов. Письма в ЖЭТФ, 5, 258, 1967.
- [3] A.R.Kantorowitz. Aeronautics and Astronautics, 9, 35, 1971; 10, 74, 1972.
- [4] В.П.Коробейников. Инж.-физ. ж., 25, 1121, 1973.
- [5] A.N.Pirri, M.J.Monsler, P.E.Nebolsine. AIAAJ, 12, 1254, 1974.
- [6] А.И.Барчуков, Ф.В.Бункин, В.И.Конов, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 23, 237, 1976; Ф.В.Бункин, А.М.Прохоров. УФН, 119, 425, 1976.
- [7] Ю.И.Бычков, Е.К.Карлова, Н.В.Карлов, Б.М.Ковальчук, Г.П.Кузьмин и др. Письма в ЖТФ, 2, 212, 1976.
- [8] П.Л.Капица. ДАН СССР, 101, № 2, 1955.
- [9] Г.А.Аскарьян. ЖЭТФ, 42, 1568, 1962.