

**Особенности лазерно-реактивного движения
на основе эффекта абляции**

Арабей В.А., Галябович А.Н., Развин И.Ю., Развин Ю.В.
Белорусский национальный технический университет

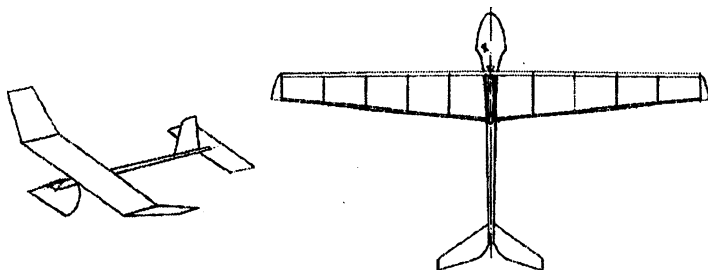
Реализация идеи создания лазерного двигателя (лазерного движителя) становится реальной при достигнутом прогрессе в создании мощных лазерных систем. Широко ведутся разработки перспективных экспериментальных двигателей, в которых в той или иной форме используется энергия, передаваемая при помощи лазерного луча. Принцип лазерного движителя имеет главное преимущество в том, что источник энергии (лазер) находится вне движущегося аппарата и, соответственно, уменьшается вес этого аппарата. В настоящее время можно выделить несколько основных направлений в этих разработках:

- решение конструкции «лазерного паруса», который является аналогом «солнечного паруса». В данной схеме используется световое давление, оказываемое лазерным лучом на освещаемую площадку;
- разработка схем двигателей с промежуточным преобразованием энергии лазерного луча. В таких устройствах лазерная энергия может преобразовываться фотоэлементами в электрическую энергию, которая затем превращается в энергию механической тяги летательного аппарата;
- разработка принципов и схем лазерно-реактивного движения макрообъектов. Энергия лазерного излучения может использоваться в схеме лазерно-реактивного двигателя для нагревания рабочего тела, его детонации, а также для получения эффекта лазерной абляции. Эффект лазерной абляции является сложным многоступенчатым процессом, в результате которого формируется механический импульс реактивной тяги, действующей на облучаемую поверхность.

Наиболее интересными, на наш взгляд, являются исследования по разработке принципов и схем лазерно-реактивного движения. В данной работе сообщается о предварительных результатах по макетированию движения макрообъектов (моделей летательных аппаратов) под действием импульсного лазерного излучения.

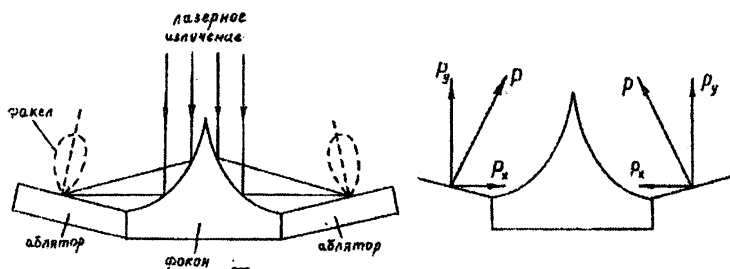
Эксперименты выполнялись на установке с действующим макетом рубинового лазера. В лазере применялся рубиновый элемент, размеры активной части которого составляли $8\text{мм} * 120\text{мм}$. В качестве формирователей временной структуры излучения мы применяли пассивный затвор на основе раствора криптоцианина в этаноле и ячейку с поглощающим раствором. В результате был реализован режим квазирегулярных пульсаций. Максимальное значение энергии генерации достигало 3Дж , общая длительность импульса излучения составляла 10^{-6}с . Энергетические и временные параметры излучения регулировались путем изменения накачки рубинового элемента и подбора пропускания используемых ячеек.

В качестве движущегося объекта мы использовали различные модели микросамолета, вес этих моделей изменялся в зависимости от конструкции в пределах $0,2 \dots 1,5\text{г}$. На рис.1 представлен общий вид некоторых моделей:



Основное внимание при моделировании уделено выбору материала и конструкции аблятора. Аблятор выполнялся в виде отдельного навесного блока, который крепился в передней части фюзеляжа исследуемых моделей. В работе проанализировано влияние свойств материала и конструкции мишени, характеристик лазерного излучения и условий его фокусировки на процесс преобразования энергии лазерного излучения в механическую. На эффективность формирования реактивной тяги существенное влияние оказывает эффект экранизации падающего на мишень лазерного излучения абляционным факелом. Выполненные исследования показали, что абляционный факел имеет конусообразную форму, геометрическая ось которой нормальна к облучаемой поверхности. Данное условие выполняется в ши-

роких пределах изменения угла падения лазерного излучения на мишень (до $60-70^\circ$). Можно считать, что вектор возникающей реактивной тяги P направлен вдоль этой оси. На рис.2 приведена принципиальная оптическая схема мишени, позволяющая значительно уменьшить возникающий эффект экранизации:



Отражательный фокус фокусирует под большим углом на поверхность аблятора лазерное излучение. При такой геометрии вектор P можно разложить на две составляющие. Вектор P_y направлен вдоль оси модели и определяет изменение ее момента движения в результате возникающей реактивной тяги. Вектор P_x является безмоментным. В работе рассмотрен режим «лазерной катапульты», когда исследуемому макету сообщался начальный импульс в результате действия лазерного излучения.

Предложена теоретическая модель для анализа движения микрообъекта с переменной массой под действием лазерно-реактивной тяги, возникающей в результате лазерной абляции. В рассматриваемом приближении выполнения законов сохранения получены на основании уравнения Мещерского зависимости, описывающие связь параметров лазерного излучения с характеристиками движения исследуемого микрообъекта.

В заключении отметим, что интерес к данной теме вызван формированием новой концепции развития миниатюрных робототехнических комплексов различного назначения.