

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ МЕТЕОРОВ ДЛЯ ПОДКАЧКИ ЛАЗЕРОВ

Г.А.Аскарьян, Э.Я.Гольц, М.С.Рабинович

В последнее время появились сообщения [1,2] о работах по использованию энергии взрыва и струи пламени для подкачки лазеров. В этих работах вспышка света накачки обеспечивалась или от магнито-гидродинамически полученной электроэнергии, или от свечения газа в ударной волне от взрыва [2].

В данной работе обсуждаются некоторые возможности использования искусственных метеоров - быстро летящих тел, ускоренных с помощью огнестрельного оружия, для подкачки лазеров средней мощности.

Энергия выстрела обычного современного огнестрельного оружия $\mathcal{E}_0 \approx \frac{1}{2} m v^2$ составляет от кдж (обычная винтовка) до сотен кдж (пушка) при возможной частоте повторения до 10-30 выстрелов в 1 сек (при к.п.д. $\sim 1\%$ это может дать выходную энергию ~ 10 дж + 1 кдж).

Для генерации мощного импульса выделения энергии желательно достижение больших скоростей полета тел ($> 3+5$ км/сек), что может быть обеспечено переходом к малым массам ускоряемых тел (легкие материалы корпуса тела, пустотелые пули и снаряды и т.п.). В работе Зельдовича и Лейпунского [3] при помощи сравнительно простой методики были получены большие скорости полета легких пуль.

Из уравнения набора скорости пули [4] $m \dot{v} = p_0 s (1 - \frac{v-1}{2} \frac{v}{c_0})^2 \gamma / \gamma - 1$ легко видеть, что эффективность набора энергии уменьшается лишь при $v \rightarrow v_{пред} \approx 2c_0 / \gamma - 1$, где c_0 , p_0 и γ - скорость звука, начальное давление и постоянная адиабаты пороховых газов.

Возможность получения быстро летящих тел допускает использование различных механизмов преобразования энергии пули в энергию накачки.

1. Вспышка свечения от быстро летящего тела

При пролетании тела с большой скоростью v в газе в волне сжатия интенсивно светится газ [3]. Энергия, теряемая телом, определяется силой торможения F . Если $F \approx kv^2$, то $\frac{d\mathcal{E}}{dx} = -\frac{2k}{m} \mathcal{E}$

и закон изменения энергии пули при пролетании в среде $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \exp(-\frac{2k}{m} x)$, или для скорости $v = v_0 \exp(-\frac{k}{m} x)$. Откуда видно, что путь торможения до критической величины $l \approx \frac{m}{2k} \ln \frac{\mathcal{E}_0}{\mathcal{E}_{кр}}$ слабо зависит от энергии вылета, но сильно - от массы пули. Для больших скоростей и тупых пуль $k \approx s \rho_0$, где s - сечение пули, ρ_0 - плотность воздуха. Например, приняв $m \sim 1$ г, $s \approx 0,5$ см²,

$\rho_0 \approx 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ и $\ln \xi_0/\xi_{кр} \approx 0,1$, получим $l \sim 1 \text{ м}$ - путь удержания скорости на высоком уровне.

При больших скоростях сжатие газа перед носом пули сильно нагревает газ в ударной волне до температуры [3] $T \approx \mu v^2 / 2 C_M$, где μ - молекулярный вес и C_M - теплоемкость 1 моля газа. Например, при $v \approx 3 \text{ км/сек}$ достижимые температуры составляют десятки тысяч градусов и могут вызвать интенсивную вспышку свечения (особенно при пролетании пули в струе газа с повышенной излучательной способностью в требуемом участке спектра при столкновении ударных волн с летящими навстречу пулями или со стеной и т.п.). При этом в излучение может перейти заметная часть энергии пули. Представляет интерес также попытка использования неравновесного возбуждения или диссоциации газа летящим телом для создания индуцированного излучения.

2. МГД-генерация электроэнергии быстро летящим телом

Быстро летящее проводящее тело (пуля, снаряд) может быть использовано для получения электроэнергии за счет "индукции движением" при пролетании тела поперек сильного магнитного поля при наличии контактов, замыкающих ток через тело (в качестве контактов могут быть использованы не только металлические шины, но и газ, ионизованный самим летящим телом).

При сильном перепаде поля перед и за движущимся телом (если поле не успевает проникнуть в контур через тело) на него действует давление $p_H \approx H^2 / 8\pi$. Это давление может быть сравнимо с газодинамическим $p \approx \rho_0 v^2$ при полях $H \approx \sqrt{8\pi \rho_0} v \approx 10^5 \text{ э}$ при $v \approx 5 \text{ км/сек}$. Если размеры l области локализации поля соизмеримы с пробегом до заметной потери энергии тела, то мощность импульса $W_3 \approx \xi_0 v / l \approx m v^3 / l$ может достигать для пули [3] десятков мегаватт при $v \sim 3 \text{ км/сек}$ и $l \approx 30 \text{ см}$.

В случае неполного вытеснения телом магнитного поля сила торможения $F \sim j H V / c \approx \sigma v H^2 V / c^2$, где $j = \sigma E_{инд} \approx \sigma v H / c$ - плотность тока в пуле, σ - проводимость движущегося участка цепи, V - его объем.

С помощью описанного метода можно обеспечить компактные системы накачки для лабораторных лазеров, не прибегая к батареям электрических конденсаторов.

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

Поступило в редакцию
22 августа 1966 г.

Литература

- [1] *Av. Week.*, 82, № 26, 85, 1965.
- [2] *Appl. Opt.*, 2, 1339, и *Suppl. "Chem. Lasers"*, 1965.
- [3] Я. Б. Зельдович, О. И. Лейпунский. *ЖЭТФ*, 13, 181, 1943.
- [4] Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. *Механика сплошных сред*. ГИТТЛ, М., 1954.