

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ САМОИЗОЛЯЦИИ ТЕЛ В СРЕДЕ ОТ ИНТЕНСИВНОГО СВЕТА

М.М. Аскарьяна, В.К. Степанов

В статье Аскарьяна [1] рассмотрен эффект самоизоляции поверхности тел от интенсивных световых потоков, в частности, лазерных. В связи с этим нами был произведен эксперимент, показавший существование эффекта самоизоляции, по крайней мере, того его варианта, который связан с образованием газовой прослойки (вскипанием) у поверхности тел, погруженных в жидкость.

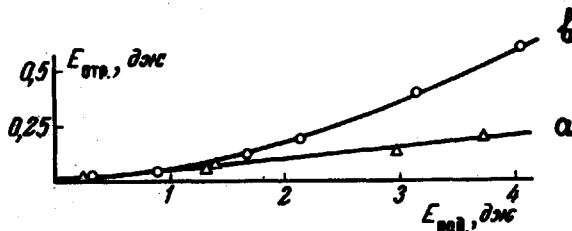


Рис. 1

Эксперимент состоял в исследовании отражения лазерного луча. Луч стандартного рубинового лазера с немодулированной добротностью посылался на стальную поверхность, которая находилась либо в воздухе, либо в воде. Энергия падающего луча изменялась с помощью фильтров и при этом как отраженная, так и падающая (с помощью ответвляющей пластинки) энергии измерялись с помощью двух калориметров. Это позволило определить зависимость отраженной энергии от падающей.

Лазерный луч падал на стальную поверхность под углом скольжения $\phi = 30^\circ$. Этот угол был выбран из тех соображений, чтобы он был меньше угла полного внутреннего отражения для границы вода — газ

$$\phi < \phi_{\text{полн}} = \arccos 1/n \approx 40^\circ$$

(где n — показатель преломления воды), и чтобы он был достаточно большим для выполнения условия самоизоляции [1]

$$\alpha I_0 \sin \phi > W_{\text{кр}},$$

где α — коэффициент поглощения света поверхностью, I_0 — плотность потока излучения лазера, $W_{\text{кр}}$ — плотность потока поглощенной энергии, обеспечивающая вскипание жидкости у поверхности. Сталь была выбрана в качестве материала тела по тем соображениям, что она имеет большой коэффициент поглощения. Отраженный поток регистрировался

в одном и том же телесном угле, определяемом геометрией и расположением калориметра у поверхности. Ось калориметра совпадала с направлением зеркального отражения лазерного луча.

На рис. 1 приведена экспериментальная зависимость отраженной энергии $E_{отр}$ — от падающей $E_{пад}$ (a — стальная поверхность находится в воздухе, b — в воде). Для воздуха эта зависимость линейна, т.е. коэффициент отражения не зависит от величины падающей энергии.

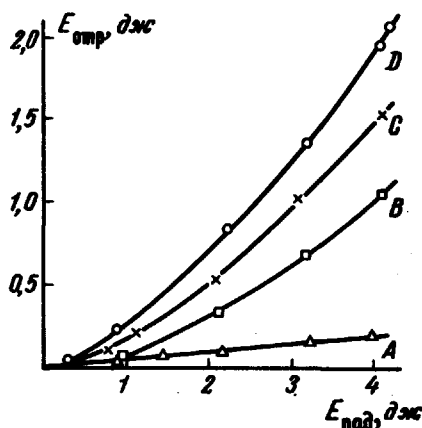


Рис. 2

Когда сталь находилась в воде, линейность сохранялась лишь до определенного порогового значения падающей энергии. При превышении порога самоизоляции на поверхности стали при вспышке появляются газовые пузырьки и она начинает отражать лазерную энергию в большей степени, чем тогда, когда поверхность находится в воздухе. Отметим, что после каждой вспышки поверхность специально очищалась от пузырьков. Зависимость отраженной энергии от падающей принимает нелинейно-возрастающий характер. Эти факты и измеренная величина порога самоизоляции ($\approx 40 \text{ ккал/см}^2$) хорошо согласуются с выводами работы [1].

Дополнительная проверка условия самоизоляции [1]

$$a l_0 \sin \phi > W_{кр} \approx \rho C \sqrt{\frac{\kappa}{t}} T_{кр} .$$

(где ρ — плотность, C — теплоемкость, а κ — температуропроводность вещества поверхности, t — длительность импульса света, а $T_{кр}$ — температура кипения) проводилась с другими веществами. Исследовалось отражение от вороненой стали, у которой коэффициент поглощения света весьма велик, в воздухе, воде, спирте и ацетоне. Результаты изме-

рений приведены на рис. 2 (кривые А, В, С, D относятся к отражению соответственно в воздухе, воде, спирте и ацетоне). Они качественно согласуются с теорией. Для низкокипящих спирта и ацетона порог самоизоляции равен $\approx 10^4 \text{ ккал/см}^2$.

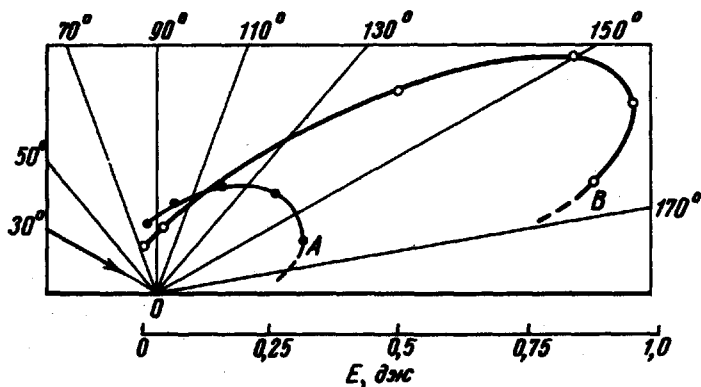


Рис. 3

Были также сняты угловые диаграммы отраженной энергии в плоскости падения лазерного луча (рис. 3) для случаев: вороненая сталь в воздухе (кривая А) и она же в воде (кривая В). Отношение площадей диаграмм характеризует отношение полных отраженных энергий. Из рисунков видно, что при использованных мощностях эффект самоизоляции может в десятки раз уменьшить световую нагрузку на тела с большим коэффициентом поглощения.

В заключение авторы выражают благодарность Г.А.Аскарьяну за предложенную тему и обсуждения и Антонину Новотному за помощь в работе.

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

Поступило в редакцию
5 августа 1968 г.

Литература

[1] Г.А.Аскарьян. Письма ЖЭТФ, 8, 19, 1968.