

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР НА ПРОДУКТАХ ГОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Г. И. Козлов, В. Н. Иванов, А. С. Кораблев

Целью работы является исследование возможности использования продуктов горения углеводородо-воздушных смесей в качестве лазерной среды для создания мощных газодинамических лазеров (ГДЛ).

Идеи, связанные с созданием ГДЛ развивались в работах [1, 2]. В [3, 4] впервые было предложено использовать смесь $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ для создания ГДЛ. На основе этих идей в дальнейшем были разработаны различные типы ГДЛ [5 – 10]. Особый интерес вызывает использование продуктов горения углеводородных топлив для получения лазерной среды.

Описанный в настоящей работе лазер, представляет собой квазинепрерывный ГДЛ, работающий на продуктах горения углеводородо-воздушных смесей. В качестве горючего в первых экспериментах был выбран ацетилен, так как для него характерна высокая скорость реакции и минимальное содержание паров воды в продуктах горения в расчете на образующуюся молекулу CO_2 .

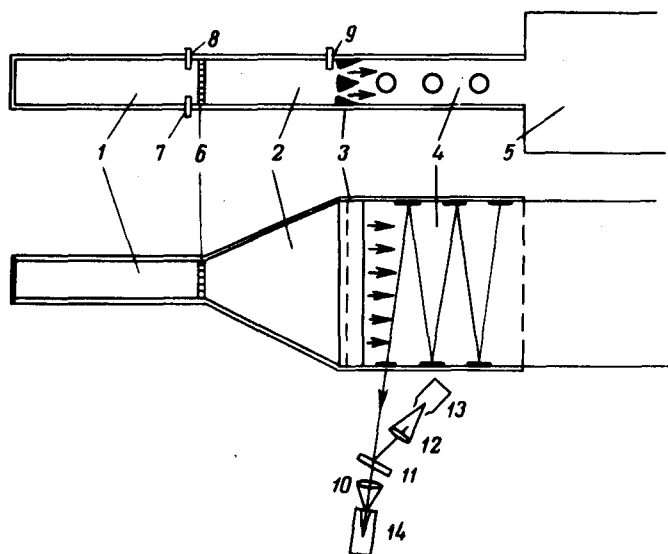


Рис. 1

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Она состояла из камеры горения 1, расширительной камеры 2, двойного плоского сверхзвукового сопла 3, многопроходной резонаторной полости 4 и вакуумной камеры 5. Перед экспериментом вход в сопло со стороны камеры горения закрывался мембраной 6, что давало возможность откачивать сопло, резонатор и вакуумную камеру до заданного давления. После этого камера горения, представлявшая собой канал диаметром 70 мм и длиной 1,5 м, наполнялась ацетилено-воздушной смесью определенного состава. Поджигание смеси осуществлялось свечой 7, а регистрация процесса горения производилась с помощью пьезодатчика давления 8.

В ходе протекания процесса горения происходило увеличение давления в камере сгорания, прорыв мембраны и перетекание продуктов горения в расширительную камеру. Основное назначение расширительной камеры заключалось в значительном увеличении сечения потока за счет увеличения его ширины до 50 см, что позволяло увеличить длину резонатора. Давление торможения в расширительной камере перед соплом измерялось вторым предварительно проградуированным пьезодатчиком давления 9.

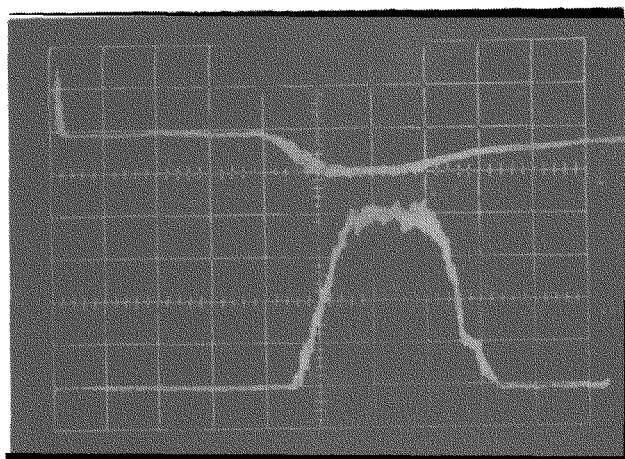


Рис. 2

Сопловая вставка 3 представляла собой двойное сверхзвуковое плоское сопло с изменяющимся критическим сечением. Высота критического сечения сопла равнялась 1 мм, полуугол 15° .

После расширения в сверхзвуковом сопле продукты горения поступали в резонаторную полость шириной 50 см и высотой 50 мм. Боковые стенки 4 резонаторной полости имели по три унифицированных юстировочных устройства с зеркалами, с помощью которых могут быть построены 1, 2, 3, 4 и 5 проходные резонаторы.

Вакуумная камера объемом порядка 1 м^3 служила для поддержания вакуума в резонаторной полости в ходе эксперимента.

Резонатор был образован двумя зеркалами с коэффициентами отражения 80 и 100%. Энергия лазерного излучения собиралась линзой 10 и регистрировалась с помощью измерителя энергии 14. Для измерения формы лазерного импульса часть энергии лазерного луча отводилась с помощью плоскопараллельной пластины 11, собиралась линзой 12 и регистрировалась с помощью приемника-фотосопротивления Ge-Au 13.

В каждом эксперименте одновременно фиксировались давление торможения, форма импульса генерации излучения во времени и интегральная, за время импульса, энергия лазерного излучения. Это давало возможность определить мощность излучения и изменение ее во времени.

Типичные осциллограммы записи давления перед соплом (верхняя кривая) и мощности излучения (нижняя кривая) представлены на рис. 2. В этом эксперименте максимальное значение давления торможения перед соплом равнялось $4,0 \text{ атм}$, а температура продуктов горения составляла 2200°K .

Из анализа осциллограмм записи сигналов мощности и давления следует, что возникновение и срыв генерации происходит при давлении в расширительной камере порядка 2 атм .

Особый интерес представляло исследование зависимости мощности генерации от характеристик резонатора. Увеличение длины многопроходного резонатора в нашем случае сопровождалось увеличением расстояния между критическим сечением и последним проходом. Оказалось, что с увеличением числа проходов от одного до четырех происходит увеличение энергии и мощности генерации, что связано с увеличением длины резонатора и, соответственно, усиления и с переходом к более благоприятным условиям генерации для нашего выходного зеркала с коэффициентом отражения $0,8$. При увеличении числа проходов до пяти, происходило уменьшение энергии и мощности генерации, обусловленное уменьшением коэффициента усиления вдоль по потоку за счет протекающих релаксационных процессов.

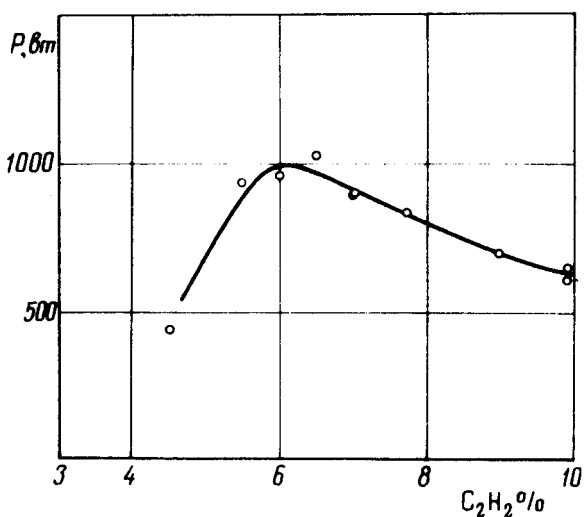


Рис. 3

Исследование зависимости мощности генерации от концентрации ацетилена в смеси проводилось на трехпроходном резонаторе. Результаты этих экспериментов для давления торможения 4 атм приведены на рис. 3 и свидетельствуют о том, что мощность генерации постепенно возрастает при увеличении концентрации ацетилена от $4,5\%$. При этом оптимальное значение мощности достигалось в наших экспериментах при концентрации ацетилена порядка 6% и составляло $1,0 \text{ кВт}$ при длительности импульса $20 - 30 \text{ мсек}$. При дальнейшем увеличении концентрации ацетилена до 10% происходило постепенное падение мощнос-

ти до 600 *вт*. Такая зависимость мощности генерации связана с поведением коэффициента усиления. Как показали измерения, величина коэффициента усиления уменьшается с увеличением концентрации ацетилена в смеси свыше 6%, что связано с ростом концентрации паров воды в продуктах горения и соответствующим увеличением скорости дезактивации асимметричной моды, приводящим к уменьшению инверсии. С уменьшением концентрации ацетилена ниже 6%, коэффициент усиления также уменьшается, так как при этом уменьшалась температура горения и инверсность. Дальнейшее повышение мощности связано с переходом на более высокие давления торможения и оптимальную геометрию сопла.

В заключение авторы выражают благодарность А.Э.Абалиеву за большую помощь в создании установки и проведении экспериментов.

Институт проблем механики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 апреля 1973 г.

Литература

- [1] Н.Г.Басов, А.Н.Ораевский. ЖЭТФ, 44, 1742, 1963.
- [2] I. R. Hurlle, A. Hertzberg. Phys. Fluids, 8, 1601, 1965.
- [3] В.К.Конюхов, А.М.Прохоров. Авторское свидетельство №223954, приоритет 19/II, 1966. Б.И. №25, 1968.
- [4] В.К.Конюхов, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 3, 436, 1966.
- [5] В.К.Конюхов, И.В.Матросов, А.М.Прохоров, Д.Т.Шалунов, Н.Н.Широков. Письма в ЖЭТФ, 10, 84, 1969.
- [6] D. M. Kuehn, D. I. Monson, Appl. Phys. Lett., 16, 48, 1970.
- [7] E. T. Gerry. IEEE Spectrum, 7, 51, 1971.
- [8] М.С.Джиджоев, В.В.Королев, В.Н.Марков, В.Г.Платоненко, Р.В.Хохлов. Письма в ЖЭТФ, 13, 73, 1971.
- [9] I. Tulip, H. Seguin. Appl. Phys. Lett., 19, 8, 263, 1971.
- [10] S. Yatsiv, E. Greenfield, F. Dothan-Deutsch, D. Chuchem, E. Bin-Nun. Appl. Phys. Lett., 19, 65, 1971.