

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Зенин. ФГВ, 1966, 2, 2, 28.
2. А. А. Зенин. — В кн.: Физические процессы при горении и взрыве. М.: Атомиздат, 1980.
3. А. А. Зенин. ФГВ, 1966, 2, 3, 67.
4. А. А. Зенин, О. П. Нефедова. ФГВ, 1967, 3, 1, 45.
5. А. А. Зенин. Докл. АН СССР, 1973, 213, 6, 1357.
6. О. П. Лейпунский. Докт. дис. М.: ИХФ АН СССР, 1945.
7. А. А. Беляев, А. А. Зенин, В. В. Кулешов и др. Химическая физика, 1983, 1, 10, 1421.
8. Л. П. Хитрин. Физика горения и взрыва. М.: Изд-во МГУ, 1957.
9. А. А. Зенин, А. Г. Мержанов, Г. А. Нерсиян. Исследование структуры тепловой волны в СВС процессах на примере синтеза боридов. Препринт. Черноголовка, 1980.
10. А. А. Зенин, Г. А. Нерсиян. Тепловая структура волн СВС, механизм и макрокинетика высокотемпературного неизоэнтальпического взаимодействия элементов в системах Ti—Si и Zr—Si. Препринт. Черноголовка, 1980.
11. А. А. Зенин, Г. А. Нерсиян. Химическая физика, 1982, 1, 3, 411.

УДК 543.46 : 536.46

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКЦИЯМИ

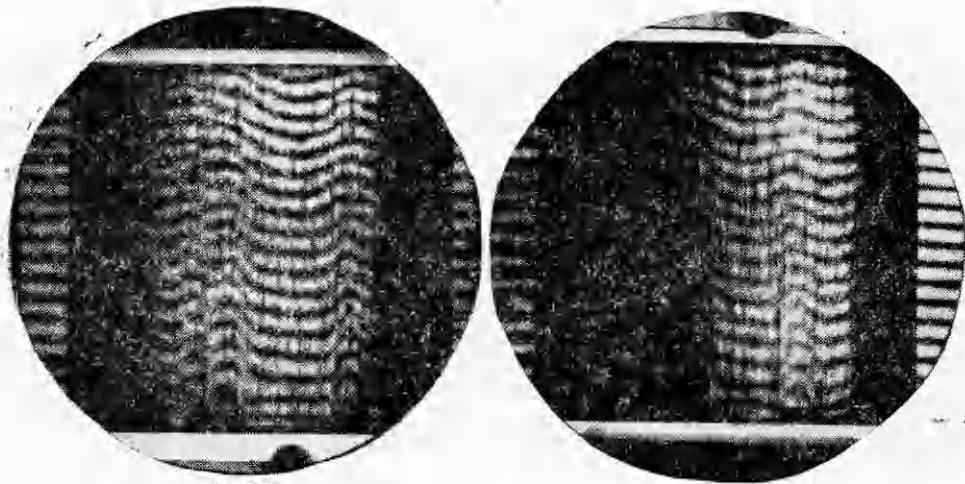
*И. Н. Бебелин, С. С. Кабанов, Г. С. Потехин,  
М. А. Рогинян, И. А. Федоров  
(Ленинград)*

Исследование процессов смешения и горения топлив в камерах сгорания теилонапряженных энергетических устройств проводится, как правило, с использованием контактных методов, которые, несмотря на присущие им положительные качества — надежность, простота интерпретации замеренных параметров и пр., обладают рядом недостатков. Они позволяют получать только дискретную локальную информацию, вносят возмущение в исследуемый поток, не позволяют проводить замеры в области высоких температур и агрессивных сред. Свободны от указанных недостатков количественные оптические методы, широко применяемые в аэродинамических исследованиях [1].

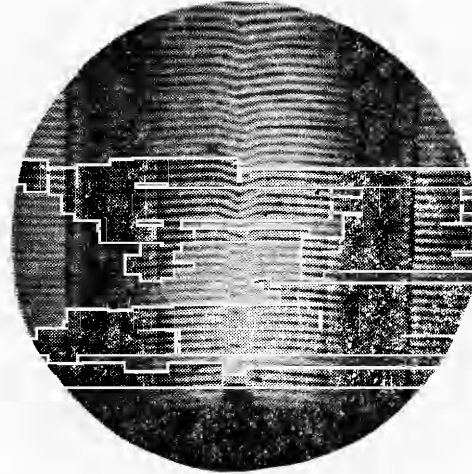
Методы классической интерферометрии малоприспособны для изучения процессов горения в камерах. Они требуют наличия плоскопараллельных оптических окон, что нарушает структуру течения и делает невозможным количественную обработку интерферограмм. Кроме того, нагрев окон затрудняет получение качественных интерферограмм [2]. Голографические методы позволяют получать интерферограммы струй и факелов в плоских и цилиндрических камерах сгорания приемлемого для последующей количественной обработки качества.

Регистрация голографических интерферограмм единичной и группы струй газообразного кислорода в спутном потоке, состоящем из смеси азота с гелием, распространяющихся в объеме цилиндрической камеры с внутренним диаметром 50 и толщиной стенки 10 мм, выполненной из кварцевого стекла, осуществлялась методом двух экспозиций. На стадии восстановления голограмм можно было получать интерферограммы в угле обзора  $\pm 7^\circ$ . Характерные интерферограммы одной и трех струй приведены на рис. 1.

Далее предпринята попытка регистрации голографических интерферограмм факелов окислителя, истекающих из форсунок со скоростями 30—50 м/с,  $Re = 0,5 \div 2,5 \cdot 10^6$  в спутный поток горючего. Для уменьшения влияния самосвечения факела перед голограммой устанавливался



*Рис. 1.* Голографические интерферограммы одной и трех струй кислорода в цилиндрической камере.

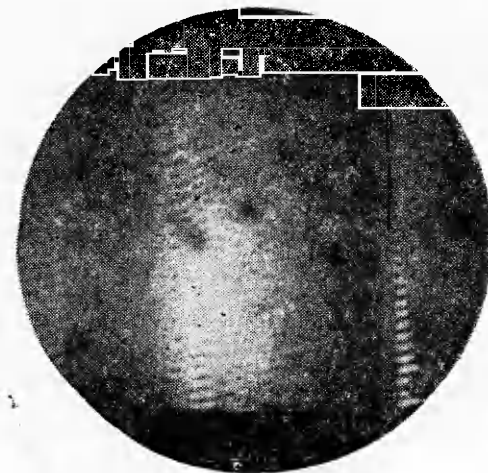


светофильтр и нормально закрытый фотозатвор. Характерная интерферограмма трех факелов в цилиндрической прозрачной камере приведена на рис. 2.

Полученные результаты показывают принципиальную возможность регистрации процессов истечения, смещения и горения дозвуковых газовых струй и факелов в объеме камеры с цилиндрическим прозрачным рабочим участком методами голографической интерферометрии. Интерферограммы, восстановленные с голограмм, позволяют изучать структуру струй и факелов и проводить их количественную обработку. Следует отметить, что ни один из классических оптических методов подобной возможности не дает. В процессе экспериментов установлены основные факторы, отрицательно влияющие на качество голограмм, и намечены пути их устранения.

Определенный интерес представляло выявление возможности регистрации голографическим методом смещения и горения при использовании сжиженных газов (криогенных продуктов). Отсняты голограммы струй жидкого кислорода в спутном потоке газообразного водорода в объеме камеры с цилиндрическим прозрачным рабочим участком, без горения

мы, восстановленные с голограмм, позволяют изучать структуру струй и факелов и проводить их количественную обработку. Следует отметить, что ни один из классических оптических методов подобной возможности не дает. В процессе экспериментов установлены основные факторы, отрицательно влияющие на качество голограмм, и намечены пути их устранения.



*Рис. 2.* Голографическая интерферограмма трех факелов в цилиндрической камере.

и с горением. На рис. 3 приведена характерная голографическая интерферограмма процесса без горения при настройке на бесконечно широкую полосу. Видно, что полосы хорошо разрешаются вне зоны течения струи жидкого кислорода. По результатам обработки интерферограмм определен профиль температур в кольцевой области камеры, по которой распространяется газообразный водород. Голограммы кислородно-водородного факела, несмотря на наличие светофильтра, имели засветку. Интерференционные полосы разрешались только в области набегающего потока водорода (рис. 4).

Представляет также интерес возможность использования голографических методов для изучения сверхзвуковых факелов. Методически работа выполнялась в два этапа — холодные продувки и огневые опыты. Струи и факелы распространялись в замкнутом объеме с давлением 0,015—0,05 Па.

При изучении оптическими методами разреженных потоков на уровне давлений ниже 0,05—0,07 Па возникает необходимость повышения чувствительности измерений, которая может быть достигнута голографическим методом [3]. Голограммы регистрировались с помощью голографических приставок к теневому прибору ИАБ-451 [4] методом двух голограмм. Восстановление голограмм и получение интерферограмм с повышенной чувствительностью осуществлялось с помощью анализатора сопряженных голограмм.

На рис. 5, а приведена голографическая интерферограмма истечения сверхзвуковых факелов. Видно, что смещение интерференционных полос незначительно даже в области максимальных градиентов. На основе метода, предложенного в [3], получены интерферограммы хорошего качества с повышенной в 2 и 4 раза чувствительностью (рис. 5, б, в).

Голографические интерферограммы сверхзвуковых струй и факелов, зарегистрированные с использованием однопроходной оптической схемы при столь низком уровне давления до 0,015 Па, получены впервые в отечественной практике.

Вопросы, возникшие на основании анализа результатов экспериментов, должны иметь уже техническое решение. Например, доработка схемы голографического интерферометра в плане постановки полуцилиндри-

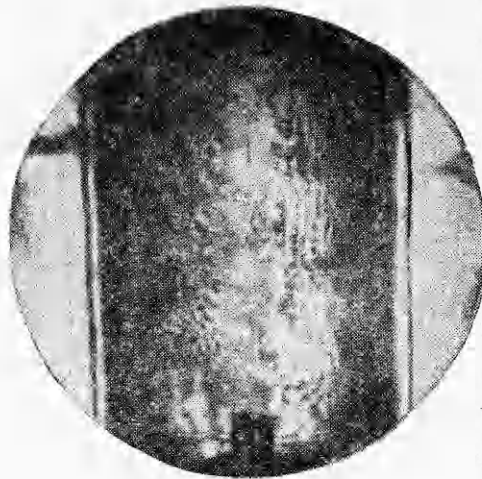


Рис. 3. Голографическая интерферограмма струи жидкого кислорода в спутном потоке водорода в цилиндрической камере.

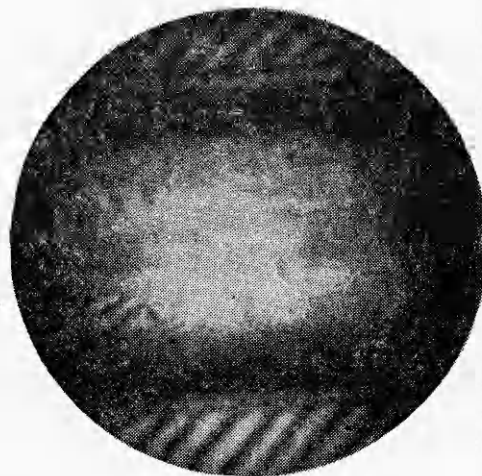


Рис. 4. Голографическая интерферограмма факела, формируемого струей жидкого кислорода в спутном потоке водорода в цилиндрической камере. Полосы конечной ширины.

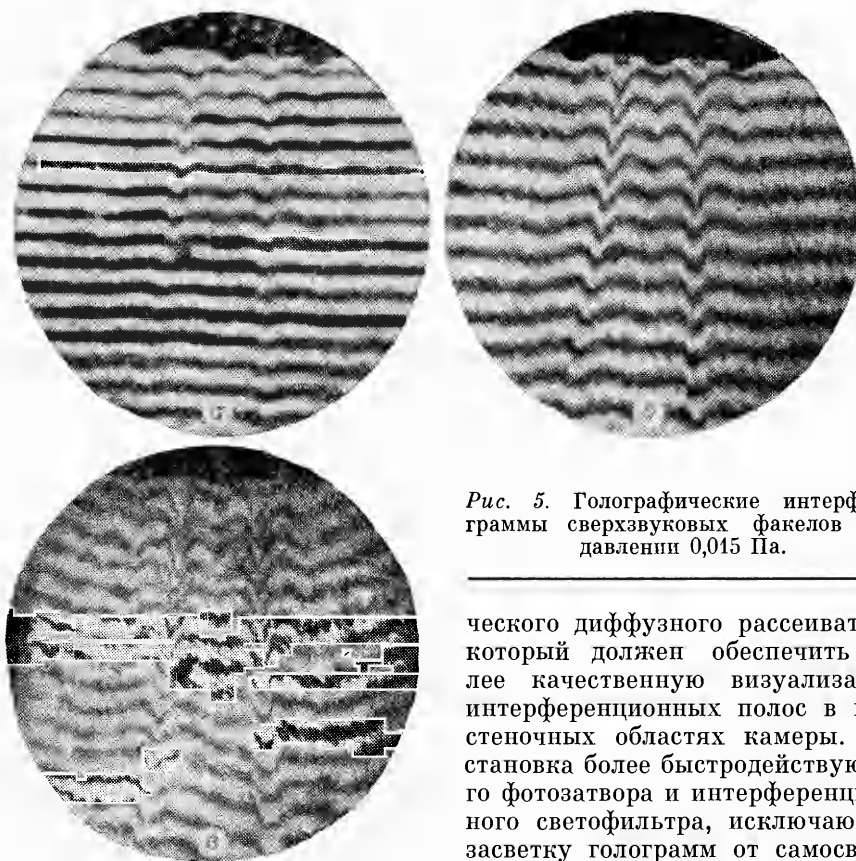


Рис. 5. Голографические интерферограммы сверхзвуковых факелов при давлении 0,045 Па.

ческого диффузного рассеивателя, который должен обеспечить более качественную визуализацию интерференционных полос в пристеночных областях камеры. Установка более быстродействующего фотозатвора и интерференционного светофильтра, исключающих засветку голограмм от самосвечения факела и др.

Настоящая работа преследовала цель показать принципиальную возможность использования голографических методов для последующих количественных исследований химически реагирующих течений, протекающих в камерах и соплах различной конфигурации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Теневые и интерференционные методы изучения газовых потоков. Обзор ЦАГИ, № 430, 1979.
2. В. С. Аbruков, А. Е. Давыдов, В. Е. Никоноров.— В кн.: Физика горения и методы ее исследования. Чебоксары: изд. ЧГУ, 1980.
3. К. С. Мустафин, В. А. Селезнев, Е. И. Штырков. Бюл. изобр., 1970, 19, 100.
4. А. К. Бекетова, А. Ф. Белозеров, А. И. Березкин и др. Голографическая интерферометрия фазовых объектов. Л.: Наука, 1979.

УДК 662.21

### ДВУХФАЗНАЯ МОДЕЛЬ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В КИПЯЩЕМ СЛОЕ ИНЕРТНОЙ НАСАДКИ

В. А. Бородуля, В. И. Дикаленко

(Минск)

Сжигание твердого топлива в кипящем слое инертного или серопоглощающего материала при температурах 1100—1200 К позволяет снизить вредные выбросы  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  до допустимого уровня, уменьшить металлоемкость и габариты котлоагрегатов, а также использовать высокозольные топлива с легкоплавкой золой.