



**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
BOOK OF ABSTRACTS**

**Международная конференция  
«Неизотермические явления и процессы:  
От теории теплового взрыва  
к структурной макрокинетике»,**

**посвященная 80-летию академика А.Г. Мерджанова**

**International Conference on  
*Nonisothermal Phenomena & Processes:  
From Thermal Explosion Theory to Structural Macrokinetics*  
Devoted to the 80<sup>th</sup> Birthday of Academician A.G. Merzhanov**

**27–30 ноября 2011 года Черногловка**

## УПРАВЛЯЕМАЯ ГАЗОВАЯ ДЕТОНАЦИЯ

С. М. Фролов

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова (ИХФ РАН), Москва, Россия  
smfrol@chph.ras.ru

В существующих силовых установках и горелочных устройствах химическая энергия горючего преобразуется в тепло и механическую работу за счет медленного горения – дефлаграции. Кроме дефлаграции известен и другой режим горения – детонация. При детонации химическая реакция окисления горючего протекает в режиме самовоспламенения при высоком давлении за сильной ударной волной. Если при дефлаграции воздушных смесей углеводородных горючих мощность тепловыделения с единицы площади поверхности фронта реакции составляет  $\sim 1$  МВт/м<sup>2</sup>, то мощность тепловыделения в детонационном фронте приблизительно на 4 порядка выше:  $\sim 10000$  МВт/м<sup>2</sup>. Кроме того, в отличие от продуктов медленного горения продукты детонации обладают огромной кинетической энергией: скорость продуктов детонации в  $\sim 20$ – $25$  раз выше скорости продуктов медленного горения. Если, например, вместо существующих камер сгорания (КС) с непрерывным горением использовать КС с непрерывно вращающейся детонацией или импульсно-детонационные КС с периодическим заполнением камеры горючей смесью и сгоранием смеси в бегущей детонационной волне (ДВ), то такие КС могли бы дать большие выгоды при использовании в энергетике благодаря энерговыделению с повышением давления и совмещению комбинированного ударно-волнового (механического) и теплового воздействий на объекты, обдуваемые продуктами детонации.

В работе рассмотрены проблемы организации циклического рабочего процесса в камере сгорания с вращающейся детонацией (КСВД) и в импульсно-детонационном горелочном устройстве (ИДГУ).

При обсуждении концепции КСВД основное внимание уделено проблемам, возникающим при проектировании КСВД в компоновке с устройствами, изолирующими КСВД от компрессора и турбины в газотурбинной энергетической установке, а также к проблемам теплового состояния стенок камеры. Анализ проведен на примере расчета рабочего процесса в кольцевой КСВД с внутренней и внешней стенками диаметром 260 и 306 мм, с осевой подачей стехиометрической водородно-воздушной смеси через кольцевые зазоры в днище

камеры (относительная площадь 0.61) и с одной ДВ, вращающейся над днищем с частотой около 126000 оборотов в минуту. Оказалось, что в отсутствие изолирующих устройств уровень пульсаций статического давления на входе и выходе КСВД недопустимо велик: 40–45% и 30–35% соответственно по отношению к давлению за компрессором (10–25 атм). Следовательно, чтобы исключить нежелательные механические нагрузки на элементы компрессора и турбины, необходимо принимать специальные меры по ослаблению таких пульсаций. Расчеты местных и осредненных тепловых потоков в стенке КСВД показали, что местные тепловые потоки в окрестности днища достигали очень высоких значений на уровне 16 МВт/м<sup>2</sup>, а осредненные тепловые потоки были на уровне 2.5–3.5 МВт/м<sup>2</sup>.

При обсуждении концепции ИДГУ основное внимание уделено проблеме циклического инициирования ДВ через управляемый переход горения в детонацию (ПГД) на кратчайших расстояниях при минимальной энергии зажигания. Теоретически и экспериментально доказано, что решение этой проблемы следует искать в тщательном подборе формы и расстановки препятствий, обеспечивающих оптимальное согласование темпов ускорения пламени и усиления ударной волны. Экспериментально продемонстрирована возможность управляемого циклического ПГД в смеси природного газа с воздухом в трубе диаметром 94 мм с открытым концом на длине около 2.5–3.0 м при отдельной непрерывной подаче компонентов смеси и энергии зажигания на уровне 1 Дж. На основе экспериментальных исследований разработан, изготовлен и испытан экспериментальный образец ИДГУ – прообраз промышленных горелочных устройств нового поколения, совмещающих комбинированное воздействие на объекты, обдуваемые продуктами горения: ударно-волновое (механическое) и тепловое.