

нистерства образования и науки РФ (договор №14.G39.31.0001 от 13.02.2017 г.), Совета по грантам Президента РФ (проект НШ-8425.2016.1) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-29-01092).

## Спектры сигналов пульсаций давления газа в соплах с дефлектором

<sup>1</sup>Н. Е. Афонина, <sup>2</sup>В. Г. Громов, <sup>3</sup>В. А. Левин,  
<sup>4</sup>И. С. Мануйлович, <sup>5</sup>В. В. Марков, <sup>6</sup>А. Н. Хмелевский

<sup>1,2,3,4,6</sup>*НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова*

<sup>3,4,5,6</sup>*ЦАГИ имени Н.Е. Жуковского*

<sup>5</sup>*МИАН имени В.А. Стеклова РАН*

<sup>1</sup>*afonina@imec.msu.ru*

<sup>2</sup>*gromov@imec.msu.ru*

<sup>3</sup>*levin@imec.msu.ru*

<sup>4</sup>*manuylovich@imec.msu.ru*

<sup>5</sup>*markov@mi.ras.ru*

<sup>6</sup>*khmelevsky@imec.msu.ru*

Кольцевые и линейные двух щелевые сопла с внутренним дефлектором рассматриваются в качестве перспективных для реализации пульсирующего, в том числе детонационного, режима сжигания топлив. Исследование спектров сигналов пульсаций давления газа в них представляет интерес для выяснения зависимости спектрального состава пульсаций от геометрических параметров сопел и условий течения в них с целью управления частотой процесса.

В работе представлены результаты расчетно-экспериментального исследования зависимости частоты и амплитуды колебаний давления газа на стенке дефлектора от условий на входе и выходе из сопла и его геометрии. Расчеты проведены с использованием химически неравновесной термохимической модели, включающей все основные продукты горения стехиометрической смеси ацетилена в воздухе. Эксперименты с кольцевыми соплами выполнены в импульсном аэродинамическом стенде с использованием в качестве рабочего газа воздуха и продуктов сгорания ацетиленовоздушной смеси. В экспериментах стартовые возмущения давления на тяговой стенке после запуска сопла не затухали, а переходили в квазипериодический режим. Аналогичные режимы течений

были получены и в расчетах, выполненных на основе уравнений Навье-Стокса для многокомпонентной реагирующей газовой среды.

В результате проведенного исследования для базовой конфигурации кольцевого сопла экспериментально установлена основная доминирующая частота спектра (22 кгц), качественно подтвержденная расчетами (30 кгц). Численное исследование зависимости частоты и амплитуды колебаний параметров течения в указанных соплах показало, что управление основной доминирующей частотой наиболее эффективно может осуществляться как за счет пропорционального увеличения масштаба сопла (частота уменьшается пропорционально), так и размера критического сечения и высоты дефлектора, независимо от высоты полета – противодавления в пространстве истечения. Использование указанных регулировок позволило продемонстрировать возможность изменения основной доминирующей частоты пульсаций давления в исследованных соплах в пределах 7–30 кгц.

В расчетах впервые предсказано существование квазипериодических пульсирующих режимов течения газа в линейных двух щелевых соплах и определена основная доминирующая частота пульсаций ( $\approx 25$  кгц) давления газа на тяговой стенке сопла.

Работа выполнена в соответствии с планом исследований НИИ механики МГУ при частичной финансовой поддержке гранта Министерства образования и науки РФ (договор №14.G39.31.0001 от 13.02.2017 г.), Совета по грантам Президента РФ (проект НШ-8425.2016.1) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-29-01092).

## **Внешняя алгебра и внешний анализ в теории блочного элемента**

**В. А. Бабешко, О.М. Бабешко, О. В. Евдокимова**

*Кубанский государственный университет*

**babeshko41@mail.ru**

Понятие «внешняя алгебра» впервые было введено Грассманом. Внешняя алгебра — это алгебраический аппарат для описания порождения многомерных пространств одномерными. Применение внешней алгебры для исследования и решения гранич-