

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-

ных задач для систем дифференциальных уравнений в частных производных топологическим методом в областях с границей впервые было осуществлено в работе [1]. До выхода этой работы ни в отечественной, ни в зарубежной печати не было опубликовано работ, посвященных применению одновременно топологических и факторизационных методов, в граничных задачах, что детально разъяснено в [2]. В работе [1] внешняя алгебра послужила лишь средством, позволившим свести систему дифференциальных уравнений в частных производных к новому типу функциональных уравнений. В процессе этих построений были использованы внешние формы. Дальнейшие преобразования в этой работе были связаны уже не с внешней алгеброй, а с математическим анализом нового типа функциональных уравнений, требовавших разработки методов дифференциальной факторизации матриц-функций, с элементами, зависящими от нескольких комплексных переменных, преобразованных внешних форм в результате вычисления форм-вычетов Лере, реализации автоморфизма, построение псевдодифференциальных уравнений, их исследование, извлечение из них интегральных уравнений и разработки способов их решения. Все это уже никак не вкладывается в задачи и возможности внешней алгебры. Поэтому все повторяющиеся однотипные действия при применении топологических методов в граничных задачах, начиная от факторизации функций и матриц-функций, вычисления форм-вычетов Лере, и вплоть до построения представлений решений граничных задач названо авторами «внешним анализом».

Внешний анализ был применен в большом числе работ, как чисто теоретических, так и прикладных. Следующим этапом исследований в этой области, также использующим внешний анализ, явилось построение метода блочного элемента [3], подхода, позволяющего строить решение граничных задач для систем дифференциальных уравнений в частных производных с постоянными или переменными коэффициентами в областях, являющихся результатом разделения области задания граничной задачи на части, с последующим «склеиванием» (построение фактортопологий соответствующих топологических пространств) полученных на них решений. Наиболее важные прикладные результаты получены при исследовании блочных структур, среди которых задачи для тел с покрытиями, имеющими скрытые дефекты. С применением внешнего анализа обнаружен новый тип землетря-

сения, названного стартовым, поскольку оно может произойти до того, как сближающиеся литосферные плиты начнут взаимодействовать. Разрушение происходит в связи с появлением в зоне концентрации контактных напряжений сблизившихся литосферных плит сингулярных составляющих [4]. В докладе излагаются новые результаты применения внешней алгебры и внешнего анализа в проблеме оценки возможности стартового землетрясения при вертикальных и горизонтальных воздействиях на литосферные плиты.

Отдельные фрагменты работы выполнены в рамках реализации Госзадания на 2017 г. проекты (9.8753.2017/БЧ) и при поддержке грантов РФФИ (15-01-01379), (15-08-01377), (16-41-230214), (16-41-230218), (16-48-230216), (17-08-00323).

### **Литература**

1. Бабешко В.А., Бабешко О.М. Метод факторизации решения некоторых краевых задач // ДАН. 2003. Т. 389. № 2. С.184–188
2. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. О связи факторизационных методов с другими подходами в теории дифференциальных и интегральных уравнений // ДАН. 2015. 2015. N 463, № 1. С. 32–35
3. Бабешко В.А., Бабешко О.М., Евдокимова О.В. К теории блочного элемента // ДАН. т. 427, №2, 2009. С. 183–186
4. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. К проблеме физико-механического предвестника стартового землетрясения: место, время, интенсивность // ДАН. 2016. Т. 466. № 6. С. 664–669.

## **Точное решение для одномерного течения газа в гомобарическом приближении**

**Д. М. Балапанов, А. А. Ведерников**

*Microgravity Research Center, Université libre de Bruxelles, Belgium*  
dbalapan@ulb.ac.be