

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО СТЕНДА В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИСТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ВАКУУМ**

А.Е. Зарвин, А.С. Яскин, В.В. Каляда, В.Э. Художитков, К.А. Дубровин

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ, ВАКУУМ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, БИФУРКАЦИИ

## **USING A VACUUM GAS DYNAMIC STAND AS A WORKING MODULE FOR STUDYING THE FLOW OF LIQUIDS INTO VACUUM**

A.E. Zarvin, A.S. Yaskin, V.V. Kalyada, V.E. Khudozhitkov, K.A. Dubrovin

### **KEYWORDS**

FLUID OUTFLOW, VACUUM, MODELING, BIFURCATION

Целью работы является создание рабочего модуля для проведения экспериментов по изучению истечения жидкостей и парожидкостных потоков в вакуум или сильно разреженное пространство в диапазоне давлений в камере расширения до 10 Па, а также экспериментальное исследование физических явлений и процессов, сопровождающих стационарное истечение перегретых струй в сильно разреженную среду.

Рабочий модуль является составной частью экспериментальной газодинамической установки ЛЭМПУС – 2. Для выполнения работ по истечению жидкости установка дополнительно была оснащена системами управления и контроля потоком жидкости, визуализации струй жидкости, контроля температуры жидкости, термостатированным сосудом с жидкостью, системой управления и контроля давлением в резервуаре с жидкостью и сопловом блоке, средствами контроля расхода жидкости, сопловым блоком с насадками различного типа. Существующие методы фоторегистрации газовых струй с использованием фотокамеры NIKON D7200 и фотокамеры PCO PANDA были адаптированы для контроля параметров и формы течения жидкости в вакуумной камере.

Выполнены испытания созданного модуля при истечении в вакуум рабочей жидкости, в качестве которой выбран этанол, а также парожидкостной смеси, проведено изучение процесса истечения жидкости и парожидкостной смеси в глубокий вакуум, в том числе сопоставление регистрируемого процесса с собственными и известными из литературы данными истечения струй в атмосфере или область пониженного давления.

Ранее авторами наблюдались явления самопроизвольного изменения стационарных жидких и парожидкостных струй с образованием криволинейных течений [1, 2], бифуркации течений либо в форме резкого излома прямолинейной жидкостной струи, либо в форме образования двух, трех и более парожидкостных течений [3]. В настоящей работе проведено изучение наблюдавшегося явления бифуркации течения перегретой жидкости, а также поиск условий моделирования истечения струй из сопел спутников типа Cubesat.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00750 в Институте теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича с использованием оборудования ЦКП «Прикладная физика» Новосибирского государственного университета.

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Зарвин Александр Евгеньевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник (ВАК) (ORCID: 0000-0002-1973-5088). Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, г. Новосибирск, ведущий научный сотрудник, Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, заведующий отделом. e-mail: zarvin@phys.nsu.ru

Яскин Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент (ВАК) (ORCID: 0000-0003-0600-5366). Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, ведущий научный сотрудник. e-mail: yas@nsu.ru

Каляда Валерий Владимирович, ведущий электроник, (ORCID: 0000-0003-2739-5017). Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск. e-mail: v.kalyada@nsu.ru

Художитков Виталий Эдуардович – (ORCID: 0000-0001-5045-8587). Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, г. Новосибирск, младший научный сотрудник, Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, научный сотрудник. e-mail: v.khudozhitkov@g.nsu.ru

Дубровин Кирилл Алексеевич – (ORCID: 0000-0001-9655-1242). Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, г. Новосибирск, младший научный сотрудник, Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, научный сотрудник. e-mail: k.dubrovin1@g.nsu.ru