



**Рис. 3. Распределение профилей температуры в половине сечения А-А на расстоянии 2,5 м от входа: 1 – начальный момент времени; 2 – через 50 секунд; 3 – через 90 секунд.**

### Выводы

В данной статье изложено результаты численного исследования процессов гидродинамики и теплообмена в шестигранной тепловыделяющей сборке с семью тепловыделяющими элементами на основе RNG  $k-\epsilon$  модели турбулентности в условии нестационарности. Эта модель позволяет получить ряд локальных гидроди-

намических и теплофизических характеристик потока теплоносителя. Анализ результатов распределения теплогидравлических параметров гелия в пучке стержней позволяет выявить наличие межканальных перетечек и зон с наиболее интенсивной турбулентностью газового потока, обуславливающих тепло- и массообмен в активной зоне ВТГР.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лабар М.П., Шеной А.С., Симон У.А., Кэмпбэлл Е.М. ЯЭУ GT-MHR на основе модульного реактора с гелиевым теплоносителем и газовой турбиной // Атомная техника за рубежом. – 2005. – №1. – С. 22 - 28.
2. Поплавский В.М. Состояние и перспективы развития АЭС с реакторами на быстрых нейтронах // Теплоэнергетика. – 2004. – №8. – С. 2 - 9.
3. Грэттон К.П. Переоценка концепции реактора на быстрых нейтронах с газовым теплоносителем // Атомная техника за рубежом. – 2004. – №1. – С. 23 - 27.
4. Авраменко А.А., Б.И. Басок Б.И., Кузнецов А.В. Групповые методы в теплофизике. – Киев: Наукова думка, 2003. – 483 с.

**Гринченко В.Т.<sup>2</sup>, Воропаев Г.А.<sup>2</sup>, Исаев С.А.<sup>1</sup>, Воскобойник В.А.<sup>2</sup>, Розумнюк Н.В.<sup>2</sup>, Воскобойник А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

<sup>2</sup>Институт гидромеханики НАН Украины

## УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ ВИХРЕЙ АСИММЕТРИЕЙ ОБТЕКАЕМОГО УГЛУБЛЕНИЯ

Одним из перспективных направлений управлением пограничным слоем для повышения тепло- и массопереноса, а также снижения гидродинамического сопротивления и гидроакустического шума является искусственное формирование и развитие когерентных вихревых систем, которые имеют контролируемые характеристики. Генерация таких вихревых структур успешно осуществляется с помощью организации луночных рельефов на обтекаемой поверхности, определенной формы, размеров и расположения в ансамбле, которые оптимальным образом проектируются под соответствующие режимы обтекания для получения максимальной эффективности. Это наиболее актуально в нынешних условиях, когда во всем мире раз-

рабатываются и внедряются энергосберегающие комплексы и технологии. Установлено, что перспективной формой локального углубления является асимметричная лунка, в которой генерируются устойчивые когерентные крупномасштабные вихревые системы.

В докладе представлены результаты экспериментальных исследований формирования вихревого течения внутри овальной лунки, расположенной на плоской поверхности, для ламинарного режима ее обтекания различными методами визуализации потока. Эксперименты проводились в гидродинамическом канале со свободной поверхностью воды. Овальная лунка в виде двух соприкасающихся сферических лунок, объединенных цилиндрической вставкой,

была сделана в центральной части измерительной пластины длиной 2 м и шириной 0,5 м, которая устанавливалась над дном канала на глубине 0,3 м. Овальная лунка имела диаметр ( $d$ ) 0,04 м, длину 0,08 м и глубину  $0,22d$ . Скорость потока в измерениях варьировалась от 0,1 м/с до 0,5 м/с и числа Рейнольдса, определенные по длине пластины до места расположения лунки и по ее диаметру, изменялись, как  $Re_x=(8...40)\cdot 10^4$  и  $Re_d=(4...20)\cdot 10^3$ . Угол расположения лунки относительно направления потока изменялся от  $30^\circ$  до  $90^\circ$ . Визуальные исследования проводились с использованием контрастных растворимых покрытий, меченых частиц и красителей. Картины визуализации регистрировались на фото- и видеоаппаратуру и обрабатывались на компьютерах.

В ходе численного моделирования определены оптимальные параметры асимметричной овальной лунки с точки зрения наибольшей теплогидравлической эффективности и формирования устойчивых вихревых структур в ее следе. Длина цилиндрической вставки такой лунки равна диаметру сферического сегмента и угол расположения лунки  $60^\circ$  относительно направления набегающего потока. В ней формируется устойчивая крупномасштабная когерентная веретенообразная вихревая структура, которая прижимается к передней цилиндрической стенке лунки. Для ламинарного режима обтекания источник веретенообразного вихря находится внутри передней сферической части лунки. Веретенообразный вихрь, совершая колебательное

движение, то присоединяется ко дну кормовой сферической части лунки, то выбрасывается из нее. При выбросе веретенообразный вихрь принимает форму торнадообразного вихря, фокус которого находится на передней по потоку сферической стенке лунки, а сток периодически выбрасывается в пограничный слой позади кормовой сферической части лунки, формируя продольную когерентную вихревую структуру. Вихревая система совершает низкочастотные осцилляции как вдоль овального углубления, так и поперек него. При взаимодействии колебательного движения веретенообразного вихря с вихревыми структурами сдвигового слоя генерируется автоколебательное движение жидкости в лунке с почти синхронным формированием пучностей в ее верхней передней, средней и кормовой частях. Частота продольного колебательного движения почти в три раза меньше, чем частота поперечных колебаний. Наиболее интенсивно выброс вихревых структур при  $\alpha = 60^\circ$  наблюдается в срединной цилиндрической части овальной лунки, что обуславливает появление в ближнем следе этой части лунки максимальных уровней каталитических напряжений.

Работа выполнена при финансовой поддержке по гранту Совместного конкурса НАН Украины – РФФИ 2008-2009 г. (проект № 2-08а, Гос. рег. № 0108U003264; № 0109U003389 и проект № 08-08-90400; № 08-01-00059).

**Процьшин Б.Н., Михалевич В.В., Ляшенко А.В.**

*Институт технической теплофизики НАН Украины*

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Одной из приоритетных сфер народного хозяйства Украины является агропромышленный комплекс. Важнейшим направлением в нем всегда было использование эффективных удобрений.

В настоящее время удобрения должны быть не только технологически эффективными, но и более экологически чистыми со значительным уменьшением энергетической составляющей в их себестоимости. К таким удобрениям относятся сухие органические и комплексные удобрения из отходов сельского хозяйства.

В течение ряда лет в ИТТФ НАНУ разраба-

тывались методы сушки вышеназванного сырья с целью уменьшения удельных энергозатрат. Последнее достигнуто в технологии совмещенных процессов сушки и диспергирования. Результаты исследований подтвердили экономичность технологии с получением высокого качества продукции. На практике упомянутые удобрения могут успешно заменять минеральные, что в результате дает экономию природного газа, уменьшает капитальные затраты, обогащает почву, улучшает экологию регионов.